

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2010

Tomáš Gracla

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Průzkum trhu - Svařovací zdroje a agregáty**

**Market Research - Welding Power Equipments**

Prohlašuji, že uvedená bakalářská práce je mé autorské dílo, které jsem vypracoval samostatně. Všechny použité zdroje a literaturu jsem v práci řádně citoval a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Ostravě dne 7. 5. 2010

.....

Tomáš Gracla

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Markovi za pomoc a cenné rady, které nemalou částí přispěli k vytvoření této práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce obsahuje popis zdrojů pro obloukové svařování a jejich nabídku na českém trhu. Jsou zde popsány základní elektrické jevy doprovázející svařování, principiální funkčnost zdrojů, jejich vlastnosti, důležité charakteristiky a rozdělení. Dále popisuje druhy svářečích metod, jejich možnosti a využití. Praktická část se skládá z průzkumu trhu zahraničních a tuzemských výrobců zdrojů, tabulkové porovnání vlastností svářeček a jejich cenové srovnání. Součástí praktické části je i měření a porovnání invertorového zdroje s transformátorovým.

## **Klíčová slova**

Elektrický oblouk, obloukové svařování, obalená elektroda, zatěžovatel, zdroj, charakteristika zdroje, invertor, svařovací metody.

## **Abstract**

This work contains the discription of sources for arc welding and their offer in the Czech market. In the work there are described the basic electric effects which attend welding, fundamental functionality of sources, their properties, important parameters and their sorting. Hereafter this work describes types of welding methods, their possibilities and using. The practical part consists of the market research of domestic and foreign producers of sources, comparing properties and prices of welders. The part of this section is measurement and comparing of the inverter source with transformed.

## **Key words**

Electric arc, arc welding, coated electrode, load, source, characteristics of the source, inverter, welding methods.

**Tabulkový seznam použitých symbolů a značek**

$U_1$	Vstupní napětí	[V]
$f_1$	Vstupní kmitočet	[Hz]
$I_1$	Vstupní proud	[A]
$S_1$	Zdánlivý příkon	[kV.A]
$U_0$	Napětí naprázdno	[V]
$I_2$	Výstupní proud	[A]
$U_{pn}$	Jmenovité pracovní napětí	[V]
$I_{2t}$	Trvalý svařovací proud	[A]
$U_t$	Normalizované pracovní napětí při zatěžovateli 100%	[V]
$I_{2min}$	Nejmenší svařovací proud	[A]
$I_{2max}$	Největší svařovací proud	[A]
$U_p$	Pracovní napětí	[V]
$m$	Hmotnost	[kg]
$I_k$	Proud nakrátko	[A]
$T$	Teplota	[°C]
DZ	Dovolený zatěžovatel	[%]
$E_k$	Kinetická energie	[J]
$U_{sl}$	Napětí obloukového sloupce	[V]
$U_a$	Úbytek napětí anodové oblasti	[V]
$U_k$	Úbytek napětí katodové oblasti	[V]
$I_{kr}$	Kritický proud	[A]
$l_o$	Délka obloukového sloupce	[mm]
$U_{ob}$	Napětí na oblouku	[V]
$L_c$	Celková indukčnost	[H]
$R_c$	Činný odpor	[Ω]
$U_{ef}$	Efektivní hodnota napětí	[V]
$\eta$	Účinnost	[%]
$I_{ef}$	Efektivní hodnota proudu	[A]
$t$	Čas	[s]

# Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
1.1 Historie obloukového svařování.....	2
1.2 Nejčastěji používané zkratky a názvosloví.....	2
1.3 Štítkové údaje .....	4
<b>2. Teoretický rozbor.....</b>	<b>4</b>
2.1 Svařovací zdroje (obecně) .....	4
2.1.1 Obecné požadavky kladené na svařovací zdroje.....	5
2.1.2 Účel svařovacích zdrojů.....	5
2.1.3 Rozdělení svařovacích zdrojů .....	6
2.2 Nejdůležitější charakteristické údaje svářečky .....	6
2.3 Vlastnosti svářecího zdroje.....	8
2.3.1 Elektrický oblouk.....	8
2.3.2 Statická charakteristika zdroje .....	10
2.3.3 Dynamická charakteristika.....	12
2.2.2 Charakteristické typy zdrojů .....	13
2.5 Svářecí metody .....	16
2.5.1 Svařování obalenou elektrodou (MMA).....	16
2.5.2 Svařování metodou TIG/WIG.....	17
2.5.3 Svařování metodou MIG/MAG .....	18
2.6 Používané elektrody .....	19
<b>3. Průzkum trhu .....</b>	<b>22</b>
3.1 Výrobci svařovacích zdrojů a agregátů .....	22
3.2 Tuzemští výrobci .....	23
3.2.1 Kühtreiber .....	23
3.2.2 Alfa in .....	25
3.2.3 Omicron .....	26
3.3 Zahraniční výrobci.....	28
3.3.1 Esab.....	28
3.3.2 Migatronica.....	30
3.3.3 Fronius .....	31
3.3.4 Selco .....	32
3.2 Cenové porovnání svářecích zdrojů různých výrobců.....	34
<b>4. Porovnání elektrických parametrů invertorových a transformátorových zdrojů .....</b>	<b>35</b>
4.1 Postup měření .....	36
4.2 Popis měřených svářecích zdrojů .....	37

4.3 Měření .....	39
<b>5. Zhodnocení a závěr .....</b>	<b>44</b>
<b>6. Seznam použité literatury.....</b>	<b>45</b>
<b>7. Přílohy .....</b>	<b>46</b>



# 1. Úvod

Spojení materiálu pomocí elektrického oblouku dnes patří mezi nejflexibilnější a nejpoužívanější metody svařování. Postupným vývojem a používáním stále novější techniky začalo obloukové svařování dosahovat vysoké kvality. Tím značně vzrostla poptávka po zdrojích, umožňující právě toto svařování, a začaly se používat téměř kdekoli.

Existuje spousta druhů zdrojů, které jsou schopny poskytovat do svařovacího obvodu elektrický proud. Tyto zdroje však musí být schopny zapálit a udržet elektrický oblouk dostatečně dlouhou dobu potřebnou pro svařování. Tyto vlastnosti určují statické a dynamické charakteristiky. V dnešní době umožňují kvalitní zdroje měnit svoji charakteristiku a svařovat tak nejrůznějšími metodami. Každá z metod má svoje specifické svařovací vlastnosti, ať už kvalitu svaru, vizuální vzhled nebo možnost svařování různých druhů materiálů. Velký průlom nastal až použitím svařovacích invertorů, u kterých byla značně zmenšena hmotnost, celkové rozměry a dosáhlo se plynulé regulaci proudu. V dnešní době je cena svářecích zdrojů dosti přijatelná a umožňuje jejich používání prakticky každému - od kutila v domácí dílně až po svářeče ve špičkové firmě. Hlavní podmínkou pro provoz takových zdrojů stále zůstává bezpečnost provozu, na kterou jsou kladeny značné požadavky.

Rozšířenost svařování elektrickým proudem a stále větší obliba, mě vedly k vybrání si právě tohoto tématu. Je zde shrnuto vše důležité, týkající se zdrojů pro obloukové svařování. Jsou zde vysvětleny jejich funkce a způsoby svařování, požadavky kladené na zdroje, jejich výhody a nevýhody. Praktická část objasnila aktuální situaci na českém trhu s nabízenými zdroji různých výrobců a cenově porovnávala klady a zápory.

## 1.1 Historie obloukového svařování

Prvním vynálezcem elektrického oblouku, který lze prokazatelně doložit, byl sir Humphrey Davy, který v roce 1801 experimentem objevil, že elektrický oblouk může být vytvořen vysokým napětím v elektrickém obvodu přiblížením dvou pólů blízko k sobě. Vzniklý elektrický oblouk vydával jasné světlo a značné teplo, jeho délka a intenzita mohla být měněna s určitým omezením podle napětí a zdroji proudu. Po jeho objevení byl mnoho let považován za pouhou hříčku, jako jev pro nepraktické použití. Až později roku 1860, kdy elektrický oblouk záměrně použil Angličan Wilde ke spojování kovů, je mu za postup roztavení dvou kousků železa udělen roku 1865 patent. První patent ve vztahu k elektrickému svařování.

V začátcích obloukového svařování byly zdrojem proudu bloky akumulátorů. Napětí mohlo být řízeno prostřednictvím počtu článků akumulátorů zapojených do série. Velikost svařovacího proudu byla určena počtem článků akumulátorů zapojených paralelně a řízena pomocí sériových odporů. Akumulátory se dobíjely dynamem nebo generátory poháněné dílenským parním strojem nebo vodním kolem.

Patent na svařování elektrickým obloukem byl jako prvnímu přidělen vědci N. Benardosovi roku 1887. Popsal proces, kde je pracovní kus připojen k minus pólu a uhlíková elektroda připevněna v izolovaném držadle na plus stejnosměrného proudu. Dva roky poté byl udělen další patent N. G. Slavjanovovi, když uhlíkovou metodu nahradil kovovým drátem. Po zapálení oblouku se kovová elektroda postupně odtavovala a roztavený kov byl přidáván do svaru. Tyto elektrody ale způsobovaly křehké a špatné svary, protože byly často přehřívány obloukem a svarový kov zůstával po reakci působení vzduchu křehký. Ve vývoji obalených elektrod se stal průkopníkem až roku 1907 Švéd Oscar Kjellberg, který obdržel i patent.

Obaly elektrod byly vyvíjeny v průběhu času, avšak větší měrou v této době stabilizovaly elektrický oblouk, než chránily nebo čistily svarový kov. To bylo až do roku 1912, kdy Strohmenger obdržel U.S. patent pro silně obalené elektrody a tak měl průmysl elektrody, jež byly schopny dávat svarový kov s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi.

[3]

## 1.2 Nejčastěji používané zkratky a názvosloví

**MMA** (Manual Metal Arc) označuje ruční svařování obalenou elektrodou.

**FLUX** je moderní svařovací metoda podobná metodě MIG/MAG, kde ochranu inertním plynem nahrazuje materiál odpařený tavením svářecího "dutinkového" drátu a chrání taveninu před atmosférickou oxidací.

**TIG** (Tungsten Inert Gas) neboli německy WIG (Wolfram Inert Gas) je zkratka pro svařování netavící se wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře inertního (netečného) plynu, známé jako svařování pod argonem.

**MIG** (Metal Inert Gas) znamená poloautomatické svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního (netečného) plynu (Ar ;He ;směs Ar a He).

**MAG** (Metal Aktiv Gas) je poloautomatické svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu (CO<sub>2</sub> ;směs CO<sub>2</sub> s inertními plyny).

**ARC FORCE** funkce, která pomáhá stabilizovat zapálený elektrický oblouk při svařování. Zdroj přidává a ubírá proud podle parametrů oblouku a tím se vytváří rovnoměrný svár. (např. když svářeč neudrží elektrodu při práci v konstantní vzdálenosti od svařence)

**ANTI STICK** (MMA) funkce, která při zapalování oblouku pozná, že by došlo k přilepení elektrody a skokově omezí svařovací proud. Tím zamezí přilepení elektrody.

**HOT START** (MMA) obvod, který zvýší zapalovací proud o cca 30% oproti proudu nastavenému svářečem a tak usnadní zapálení oblouku. Po úspěšném zapálení se proud sníží na předem nastavenou hodnotu.

**SOFT START** (SOFT POWER ON) je to tzv. měkký start. Funkce zajišťuje pomalejší náběh svářečky po zapnutí a omezuje tím "vypadávání" jističů.

**HF** (TIG) jde o vysokofrekvenční zapálení oblouku bez styku elektrody s materiálem prostřednictvím jiskry vyvolané vysokofrekvenčním zářením.

**LIFT** (TIG) umožňuje zapálení elektrického oblouku oddálením wolframové elektrody od základního materiálu. Zapálíme oblouk tak, že se elektrodou lehce dotkneme materiálu a za stisknutí určitého tlačítka na pistoli oddálíme elektrodu 2-3mm

**SLOPE DOWN** tato funkce umožní postupný pokles nastaveného svařovacího proudu na minimální danou hodnotu proudu

**DZ** je dovolené zatížení, zatěžovatel, nebo taky výkonové využití a udává procentuální čas, během kterého může svařovací přístroj dodávat odpovídající proud.

**SHORT ARC** (MIG/MAG) znamená tzv. krátký oblouk a je to způsob odtavování drátu, kdy k oddělení kapičky dochází následkem krátkých zkratů (až 200/s) na hrotu drátu v tavící lázni.

**SPRAY ARC** (MIG/MAG) znamená rozstříkovaný oblouk a je to režim tavení drátu při vyšších proudech a napětí oproti režimu SHORT ARC, kdy hrot drátu nepřichází do styku s tavnou lázní, z které vychází oblouk (tedy bez zkratu).

**PULSE ARC** značí pulzní oblouk a jedná se o jev, kdy každému proudovému impulsu odpovídá oddělení samostatné kapky elektrodového drátu. Vyskytuje se s pravidelností úměrnou rychlosti posuvu drátu v závislosti na jeho průměru.

**SYNERGY** (součinnost) umožňuje souběžně využívat několik funkcí svářečky zároveň. Výrobce udává pevně nastavené parametry, kde měnit se dá pouze jeden.

**REŽIM 2T/4T** je dvoutaktní a čtyřtaktní režim. U 2T se při stisknutí tlačítka svářečka uvede do chodu a při puštění se zastaví. 4T režim se zapíná stiskem a uvolněním, vypíná stiskem a uvolněním.

**BI-LEVEL** funkce, u které ovládací tlačítko při svařování přepíná hodnotu svařovacího proudu ve dvou úrovních. První úroveň je nastavený svařovací proud, druhá hodnota je proud nižší, nastavený obsluhou.

**PILOT ARC** znamená řízené, většinou automatické zapálení oblouku (převážně u svařovacích automatů).

[4]

## 1.3 Štítkové údaje

### Důležité údaje na výkonostním štítku:

- Jmenovité vstupní napětí  $U_1$  (V),
- Jmenovitý vstupní kmitočet  $f_1$  (Hz),
- Jmenovitý vstupní proud  $I_1$  (A), nebo jmenovitý zdánlivý příkon  $S_1$  (kV.A),
- Nejvyšší napětí naprázdno  $U_0$  (V),
- Jmenovitý svařovací proud  $I_2$  (A) a k němu příslušející jmenovité pracovní napětí  $U_{pn}$  (V) a DZ (%),
- Trvalý svařovací proud  $I_{2t}$  (A) a k němu příslušející Normalizované pracovní napětí  $U_t$  (V) při DZ=100%,
- Nejmenší svařovací proud  $I_{2min}$  (A) a Největší svařovací proud  $I_{2max}$  (A) a k nim příslušející Pracovní napětí  $U_p$  (V) (tj. rozsah nastavení),
- Hmotnost (kg)

[1]

## 2. Teoretický rozbor

### 2.1 Svařovací zdroje (obecně)

Proud pro svařování nelze použít přímo ze spotřebitelské sítě vysokého napětí (230/380 V) hlavně z důvodu zkratu pro zapálení elektrického oblouku (spálení pojistek, eventuálně přírodních vodičů nebo elektrod), ale i kvůli vysoké spotřebě elektrického proudu a ohrožování svářeče značným napětím rozvodné sítě. Proto se musí použít svařovací zdroje a agregáty, které jsou konstruovány tak, aby napětí na výstupu bylo bezpečné a dodávaly dostatek proudu pro zapálení a udržení elektrického oblouku. Stejně tak musí mít vhodnou statickou (voltampérovou) charakteristiku, tj. závislost mezi napětím a proudem na výstupních svorkách zdroje v ustáleném stavu. Dobu mezi zapálením oblouku a ustálením, nebo při náhlých změnách během svařování, popisuje dynamická charakteristika. Obě důležité vlastnosti určují především jejich elektromagnetické stavební prvky

Podobně jako je to i u jiných technických zařízení, i zde ve svařovacím průmyslu prošly zdroje a agregáty za poslední období značným vývojem. Jedním z hlavních požadavků kladených v současné době na svařovací zařízení je kromě jeho výkonu a ceny také snadná manipulovatelnost a operativnost. Na rozdíl od starších zdrojů (s převahou transformátorových a dynamových) se ty novější vyznačují velice příznivým poměrem výkonu a hmotnosti, snazší a rychlejší regulační schopností a dalšími technologickými výhodami.

Obloukové svařovací zdroje musí vyhovovat požadavkům technologie svařování, ale hlavně bezpečnostním předpisům. Bezpečnostní předpisy, konstrukční požadavky a jiné nezbytnosti pro svařování a svařovací zdroje určují Technické normy 0522- Obloukové svařování.

Svařovací zdroje i procesy doznaly základní zlepšení, přičemž bylo v některých oblastech dosaženo zcela nové úrovně. Spouštěcími signály těchto inovačních kroků jsou na jedné straně nové materiály a nové aplikace a na druhé straně rostoucí využívání možností vyspělé mikroelektroniky a digitální techniky. K porozumění již mnohokrát publikovaným novým technologiím velkou měrou přispěje fundovaná znalost jejich základu

[5]

### 2.1.1 Obecné požadavky kladené na svařovací zdroje

- o konstrukce musí zajistit bezpečnost provozu v souladu s platnými normami a předpisy,
- o zdroj musí mít odolnost proti krátkodobým zkratům při zkratovém přenosu elektroda-základní materiál,
- o schopnost udržet konstantní svařovací proud (i přes změny ve svařovacím oblouku),
- o napětí naprázdno musí odpovídat druhu proudu (ST, SS) i způsobu svařování a nesmí být vyšší než přípustné hodnoty,
- o statická charakteristika musí odpovídat způsobu svařování,
- o dynamická charakteristika musí zabezpečit po zkratu rychlý nárůst svařovacího napětí,
- o spolehlivost a stabilita při zapalování oblouku,
- o plynulá a jemná regulace svařovacího proudu, eventuálně i napětí dle způsobu svařování,
- o stálý výkon a vysoká účinnost (malé ztráty při běhu naprázdno)
- o jednoduchá, nenáročná a bezpečná obsluha,
- o vysoká provozní spolehlivost, snadná detekce závad a jejich rychlé odstranění,
- o Přiměřené pořizovací a nízké provozní náklady

[2]

### 2.1.2 Účel svařovacích zdrojů

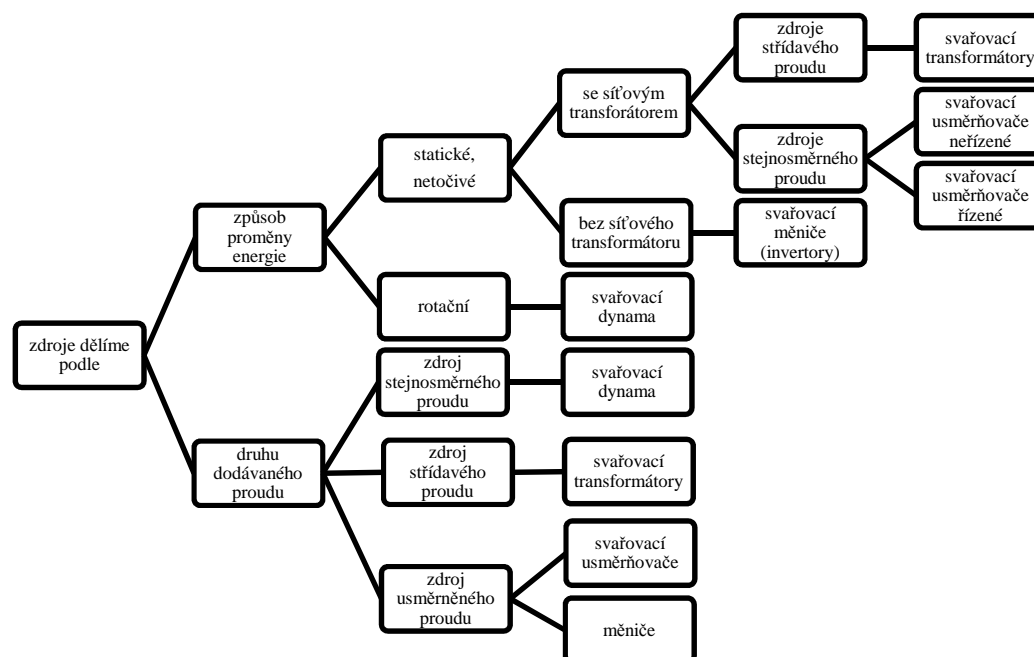
Obloukové svařování elektrodou je založeno na principu konstantního proudu. Proud by se neměl měnit v důsledku změny vzdálenosti mezi elektrodou a materiálem (délka elektrického oblouku), způsobenou prací svářeče a jeho fyziologickými pochody (chvění svalů, dýchání apod.).

Základní konstrukční vlastností zdroje by tedy měla být schopnost udržet konstantní proud nezávisle na délce oblouku. Čím bude oblouk stabilnější, tím bude práce snazší a kvalitnější. Každý zdroj obvykle obsahuje zařízení k nastavení svářecího proudu, buďto mechanicky, nebo elektronicky. Podle toho se rozlišují svářečky do 3 skupin: elektromechanické, elektronické a invertorové.

Primárním účelem svařovacího zdroje je udržovat elektrický oblouk mezi svařovacím drátem a svařovaným materiálem. U MIG/MAG zdrojů je doplněno o podávání materiálu do místa svařování speciálním hořákem. Zdroje MMA a TIG jsou regulovány pouze jedním parametrem (svářecí proud) oproti MIG/MAG zdrojům, které mají dva regulátory: jeden na regulaci intenzity oblouku svářecího proudu a druhý na regulaci rychlosti posuvu drátu.

[6]

## 2.1.3 Rozdělení svařovacích zdrojů



## 2.2 Nejdůležitější charakteristické údaje svářečky

### Napětí naprázdno

Je napětí na výstupních svorkách svářečky při běhu naprázdno. To je stav, kdy je zdroj zapnutý, ale nehoří elektrický oblouk a svařovacím obvodem neprochází proud. Čím je toto napětí vyšší, tím lépe se zapaluje oblouk a hoření je stabilnější. Z důvodu bezpečnosti (úraz elektrickým proudem) je maximální velikost napětí naprázdno omezena.

Pracovní podmínky	Napětí naprázdno
Prostory se zvýšeným nebezpečím úrazu elektrickým proudem	DC 113V – vrcholová hodnota
	AC 68V – vrcholová hodnota
	48V – efektivní hodnota
Prostředí bez nebezpečí úrazu elektrickým proudem	DC 113V – vrcholová hodnota
	AC 113V – vrcholová hodnota
	80V – efektivní hodnota
Mechanicky upevněné hořáky se zvýšenou ochranou svářeče	DC 141V – vrcholová hodnota
	AC 141V – vrcholová hodnota
	100V – efektivní hodnota

Tab. 1. Napětí naprázdno v určitých pracovních podmínkách. [7]

**Efektivní hodnota** výstupního napětí svařovacího obvodu se vyhodnocuje podle údaje uvedeného na výkonnostním štítku svářečky.

**Vrcholová hodnota** výstupního napětí při postupném proudovém zatěžování svařovacího obvodu se vyhodnocuje v souladu s pokyny uvedenými v ČSN EN 60974-1 ed.3, kap. 11.1.5. Naměřené výsledky nesmí přesáhnout hodnoty uvedené v tabulce

**Zatěžovatel DZ** (poměrná doba zatížení)

Jde o důležitý údaj, který udává dobu, po kterou lze svařovat daným proudem. Pro výpočet se používá desetiminutový cyklus.

Například:

- *zatěžovatel 140A/35%* označuje, že proudem 140A lze svářet pouze 35% času z deseti minut, tedy 3,5 minuty a zbytek času (6,5 minut) se stroj musí chladit.
- *Zatěžovatel 110A/60%* označuje, že proudem 110A lze svářet pouze 60% času z deseti minut, tedy 6 minut a zbytek času (4 minuty) se stroj musí chladit.

**Rozsah nastavení** je dán dvojicemi hodnot svařovacího proudu a příslušného normalizovaného pracovního napětí při nejnižším a nejvyšším nastavení ovládače. V celém daném rozsahu musí svařovací zdroj spolehlivě zapalovat elektrický oblouk a proces, pro který je určen, musí být stabilní.

**Jmenovitý svařovací proud** je maximální proud, který může dodávat svařovací zdroj při daném zatěžovateli (DZ= 60%)

**Normalizovaný cyklus ručního svařování** je 10 minutová doba, kdy určitý čas je svařovací zdroj zatížený (hoří oblouk) a zbývající dobu ve stavu naprázdno (výměna elektrody, oklepání strusky apod.)

**Pracovní napětí (napětí na oblouku)** je měřeno buď mezi napájecím bodem na elektrodě a základním materiálem, nebo mezi napájecími body na dvou elektrodách. Napětí na oblouku je přímo úměrné jeho délce a vzhledem k výstupnímu napětí  $U_2$  je nižší o úbytek napětí, které je dáno činným odporem  $R_c$  svařovacího obvodu (úbytek napětí na svařovacích vodičích, svorkách apod.).

**Proud nakrátko** je ustálený proud při zvoleném nastavení zdroje, jsou-li výstupní svorky svářečky spojeny nakrátko. Výstupní napětí je teoreticky rovno nule

**Trvalý svařovací proud** je proud, který je možné odebírat ze svářecího zdroje trvale (při DZ 100%).

[1]

## 2.3 Vlastnosti svářecího zdroje

### 2.3.1 Elektrický oblouk

Pro svařovací oblouk má význam elektrický výboj v plynu za běžného atmosférického tlaku. V běžném prostředí mají plyny stejné elektrické vlastnosti jako izolanty a jelikož chceme, aby elektrický proud procházel plynem, je potřeba v něm způsobit výboj. Protože plyn nemá za normálních okolností žádné volné elektrony, je nutné jej ionizovat, tzn. oddělit v atomech elektrony od iontů a uvést je do pohybu. Ionizovaný plyn vede elektrický proud a ionizací se plyn dostává do plazmatického skupenství. Plazma je tvořena kladně i záporně nabitými částicemi, ale může obsahovat i částice bez elektrického náboje. Je elektricky neutrální, protože počet částic kladných a záporných je vyrovnaný. V elektrickém výboji slouží plazma k vytvoření vodivé dráhy prostředím, které původně vodivé nebylo.

#### Způsob dosažení ionizace:

- elektrické pole (vysoké napětí)
- vysoká teplota (termoionizace)
- radioaktivní záření (částice  $\alpha$ )
- elektromagnetické záření (ultrafialové záření, paprsky X, paprsky  $\gamma$ )

Ionizace je děj, při kterém se atom rozpadne na záporný elektron a kladný zbytek atomu (kladný iont). Samostatný výboj ve svařovacím oblouku se potom uskuteční pomocí elektrod a jejich vzájemných oddálení (termoionizace), nebo přiložením přídatného vysokého napětí na elektrody (ionizace elektrickým polem), či zavedením ionizovaného plynu mezi elektrody.

[1]

#### Charakteristické znaky oblouku:

- Malý anodový úbytek napětí
- Malý potenciální rozdíl na elektrodách
- Proud řádově ampéry až tisíce ampér
- Velká proudová hustota katodové skvrny
- Intenzivní vyzařování světelného záření z elektrod i sloupce oblouku
- Intenzivní vyzařování UV záření

#### Elektrický oblouk dělíme na tři části:

##### a) Katodová oblast

Je oblast, která termickou emisí emituje prvotní elektrony důležité pro zapálení oblouku a ionizaci plynného prostředí. Elektrony získávají v oblasti katodového úbytku napětí tak velkou kinetickou energii, že jsou schopny při srážkách ionizovat neutrální atomy na kladné ionty a sekundární elektrony. Přibližná teplota je 2600°C

##### b) Anodová oblast

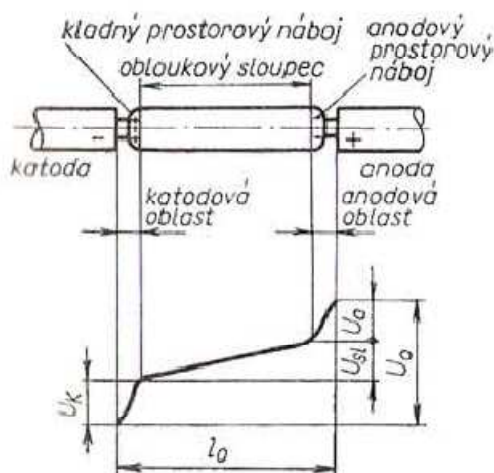
Neutralizuje a odvádí dopadající záporné částice. Vzniklá kinetická energie částic se mění na tepelnou a zčásti i na elektromagnetické záření. Přibližná teplota anodové oblasti je 3000°C



c) *Sloupec oblouku*

Lze charakterizovat jako zářivě svítící část disociovaného (odděleného) a ionizovaného plynu ve formě plazmy mezi elektrodami. Dosahuje vysokých teplot 4000 až 7000°C

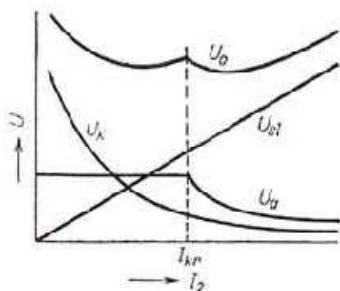
[8]



Obr. 1. Rozdělení napětí na oblouku  
 $U_k$ - napěťový úbytek katodové oblasti.  
 $U_{sl}$ - napětí obloukového sloupce.  
 $U_a$ - napěťový úbytek anodové oblasti.

**Statická charakteristika oblouku:**

Neboli Volt-Ampérová charakteristika, udává závislost obloukového napětí na svařovacím proudu při určitých stálých délkách oblouku. Stabilní hoření oblouku dosáhneme u minimální charakteristiky. Maximální charakteristika je dána technickou použitelností, nebo je omezena statickou charakteristikou svařovacího zdroje u maxima rozsahu.



Obr. 2. Statické charakteristiky složek oblouku.  
 $U_o$ - napětí na oblouku.  
 $I_{kr}$ - kritický proud, kdy se na anodě překročí bod varu.  
 $U_k$ - napěťový úbytek katodové oblasti.  
 $U_{sl}$ - napětí obloukového sloupce.  
 $U_a$ - napěťový úbytek anodové oblasti.

Velikost obloukového napětí ovlivňuje kromě intenzity a polaritý svařovacího proudu a délky oblouku řada dalších vlivů. Patří sem například druh materiálu elektrod, jeho chemické složení, geometrie hrotu a průměr elektrody, složení atmosféry oblouku a rychlost jejího proudění, teplota plazmatu a další. Z těchto důvodů existuje tzv. standardní statická charakteristika oblouku, která se vypočítá:  $U_{ob} = 20 + 0,04 \cdot I_{2n}$  [V]

[2]

### Přenos kovu v oblouku

K přenosu dochází při tavení elektrod pomocí energie obloukového svařování, kde se z elektrody uvolňují kapky roztaveného kovu a obloukovým sloupcem se přenesou do tavné lázně základního materiálu. Základní materiál a svařovací elektroda se slijí v jednu lázeň a po ztuhnutí svaru vytvoří housenku.

#### Přenos kovu v oblouku je realizován:

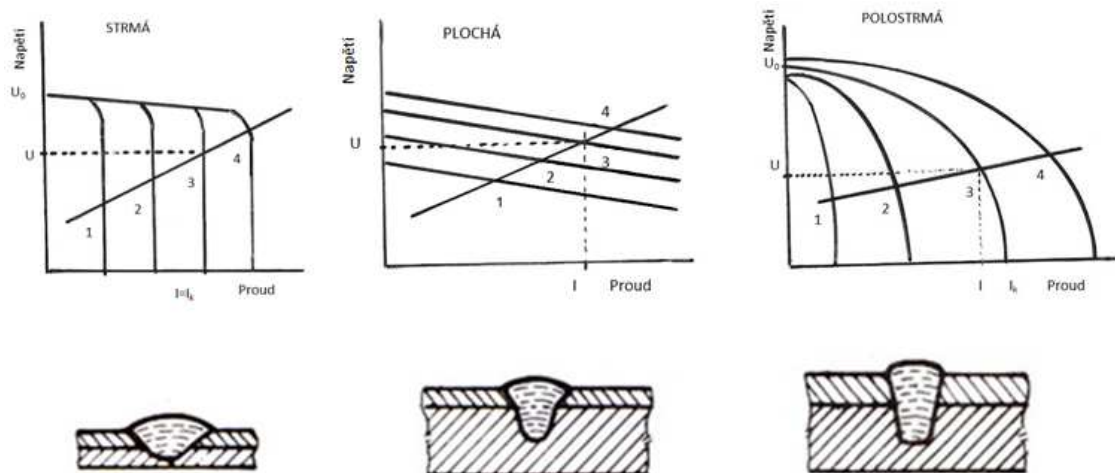
- velkými kapkami při malých proudech a obou polaritách,
- menšími kapkami lišícími se při možném odtlačení kapek nad konec záporné elektrody při velkém proudu,
- velkými kapkami při možném odtlačení kapek nad konec záporné elektrody při velkém proudu,
- malými kapkami (sprchový přenos) při kladné polaritě a velké hustotě proudu (metoda MIG),
- při značném odklonu velkých kapek od osy záporné elektrody a při velkém proudu vedeném roztaveným krčkem s velkým průřezem,
- velkými kapkami s odkloněnou kapkou na tenkém krčku, který vybuchuje při vypaření proudem za podmínek uvedených v bodě e),
- krátkým obloukem, kde dříve než se vytvoří pravidelná kapka, dotkne se nastavený kov na konci elektrody tekuté lázně a je do ní vtažen.

Charakter přechodu kovu je určován hlavně napětím, hustotou proudu, obalem elektrod, polaritou a atmosférou.

### 2.3.2 Statická charakteristika zdroje

je graficky znázorněná závislost výstupního napětí  $U_2$  svářečky na výstupním proudu  $I_2$  v ustáleném stavu (bez kolísání délky oblouku, zapalování a zhasínání oblouku) a určitém nastavení regulačního stupně zdroje.

- druhy statické charakteristiky:



Obr. 3. Statické charakteristiky zdroje s ukázkou svaru.

1. Nejmenší svařovací proud, pracovní bod  $P_{\min}$ .
2. Trvalý svařovací proud při zatěžovateli  $DZ = 100\%$ , pracovní bod  $P_{100}$ .
3. Jmenovitý svařovací proud  $I_{2n}$  při jmenovitém pracovním napětí  $U_{pn}$ , pracovní bod  $P_n$ ,  $DZ = 60\%$ .
4. Největší svařovací proud, pracovní bod  $P_{\max}$ .

#### Strmá statická charakteristika:

- Konstantní proud.
- Při velké změně napětí se minimálně mění proud.
- Hloubka průvaru je stálá.
- Malou změnou délky oblouku lze měnit šířku svaru.
- Vhodná pro svařování metodou MMA a pro TIG/WIG.
- Označují se jako „měkké zdroje“.

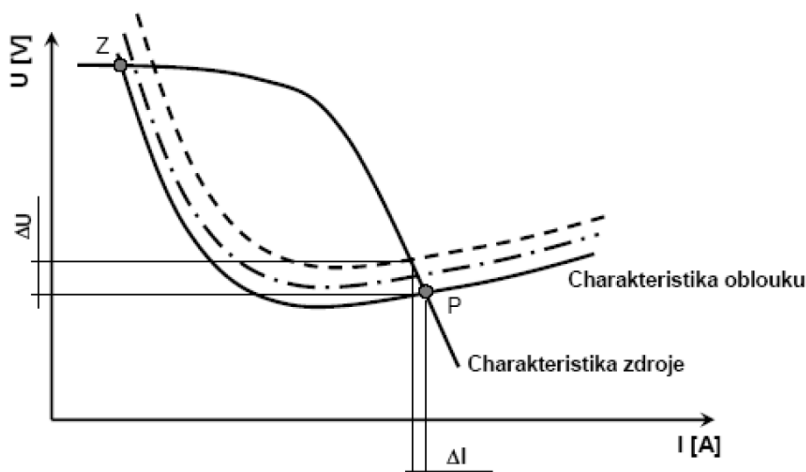
#### Plochá statická charakteristika:

- Konstantní proud.
- Při velké změně proudu se málo mění napětí.
- Malou změnou délky oblouku lze měnit šířku svaru.
- Označují se jako „tvrdé zdroje“.
- Vhodné pro svařování metodou MIG/MAG.

#### Polostrmá statická charakteristika:

- Konstantní výkon (s rostoucím proudem klesá napětí).
- Prodloužením oblouku nepatrně zmenšuje svařovací proud, zvyšuje napětí a naopak, čímž ovlivňuje hloubku průvaru a šířku svaru.

**Pracovní bod (P):** je průsečíkem zvolené statické charakteristiky svářecího zdroje s příslušnou charakteristikou oblouku. Pracovním bodem jsou dále určeny: délka oblouku, rychlost posuvu drátu (MIG/MAG), odtavný výkon, hloubka svaru a velikost tavné lázně.



Obr.4. Pracovní bod svařovacího zdroje.

Je-li statická charakteristika svářečky v pracovním bodě P značně strmá, je to výhodné u ručního svařování obalenou elektrodou a u svářecích automatů s napět'ovou regulací (rychlost podávání drátové elektrody je závislá na obloukovém napětí). U svářecích automatů a poloautomatů s konstantním podáváním svařovacího drátu, se vzhledem k samoregulaci obvodu „oblouk-zdroj“ požaduje plošší charakteristika zdroje v pracovním bodě.

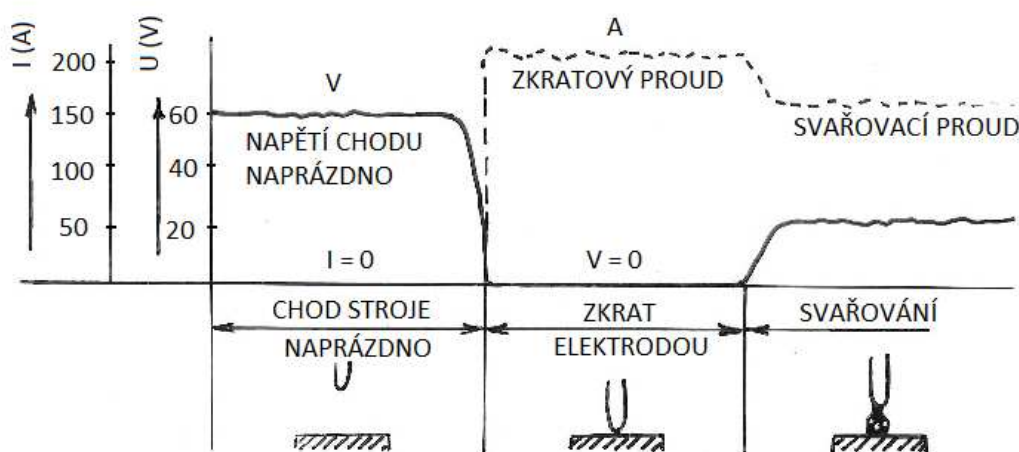
[1]

### 2.3.3 Dynamická charakteristika

Je obecně časový průběh svařovacího proudu a současně napětí snímaného v místě působení oblouku při určitém nastavení ovládače. Udává přechodové hodnoty napětí a proudu při změnách v průběhu svařování (závislost napětí, proudu a času). Vyhodnocují se z osciloskopů při chodu „naprázdno-zkrat-naprázdko“ z kterého se vyhodnocuje kvalita startů. Jeli přenos kovu pomocí kapek způsobující zkraty, tak při chodu „zatížení-zkrat-zatížení“ se hodnotí kvalita přenosu kovu z elektrod na základní materiál. Dále je možné z časových průběhů výstupního proudu posuzovat i stabilitu hoření elektrického oblouku.

Dynamická charakteristika určuje rychlost reakce příslušného svářecího zařízení na změny při hoření elektrického oblouku.

Průběhy dynamických charakteristik ovlivňuje zvláště celková indukčnost  $L_c$ , činný odpor  $R_c$  svařovacího obvodu, napětí naprázdno  $U_0$  a nyní také koncepce elektronického automatického regulátoru ovládacího zařízení.



[1]

Obr.5. Ukázka dynamické charakteristiky zdroje.

## 2.2.2 Charakteristické typy zdrojů

### Svařovací agregáty

Jsou točivé elektrické stroje obsahující elektrický, nebo spalovací motor a dynamo. Oba stroje jsou propojeny společnou osou tak, aby motor poháněl dynamo. Stejnosměrný proud je potom vyroben indukcí ve vodičích upevněných na kotvě, otáčející se v elektromagnetickém poli.

*Výhody a nevýhody:*

- + širší možnosti použití (svařování všemi druhy elektrod);
- + možnost dálkového řízení proudu;
- + vhodné pro práci v místech zvýšeného nebezpečí úrazu elektrickým proudem;
- + ve spojení se spalovacím motorem nezávislost na elektrické síti;
- velká hmotnost a rozměr zdroje;
- značná hlučnost a údržba;
- malá účinnost, vyšší provozní náklady, magnetické foukání oblouku;

### Svařovací transformátor

Je nejjednodušší zdroj svařovacího proudu. Zajišťuje galvanické oddělení výstupního proudu od rozvodné sítě. Je to v podstatě elektrický netočivý zdroj, vyrábějící střídavý proud určený ke svařování, transformací elektrického proudu ze sítě. Na železném jádře složeném z plechů, jsou navinuty primární a sekundární cívky. Po průtoku střídavého proudu primárním vinutím vzniká v železném jádře střídavé elektromagnetické pole, které následně budí napětí v sekundární části stroje. Pracuje na principu elektromagnetické indukce.

*Stručný popis způsobu proudové regulace (proudová regulace s pomocí)*

- S rozptylovým jádrem (plynulá regulace): vlivem posouváním rozptylového jádra mezi primárním a sekundárním vinutím se řídí intenzita magnetického pole a tím i výstupní proud.
- Se sekundárním přepínačem (stupňovitá regulace): vložené jádro obsahuje vinutí, které se přepínačem připojuje, nebo odpojuje k sekundární cívce a v závislosti na tom se mění proud.
- S primárním přepínačem (stupňovitá regulace): transformátor neobsahuje jádro. Proud se mění přepínáním počtu závitů na primárním vinutím.
- S řídicí tlumivkou a vysokonapětovým přepínačem (plynulá regulace): vlivem zapojení stupňovitě připojované tlumivky mění V-A charakteristiku zdroje.
- S řízenou tlumivkou s předmagnetizací (transduktor): potřebná změna proudu je dosahována pomocí plynule měnitelné tlumivky. Nízká předmagnetizace tlumivky, malý proud a naopak. Zajišťuje plynulou regulaci proudu.

Výhody a nevýhody:

- + Jednoduchá, téměř bezúdržbová konstrukce, tichý chod, delší životnost;
- + Vysoká účinnost a ekonomická dostupnost;
- Nesmí se používat při svařování na kovové konstrukci a v místech se zvýšeným nebezpečím úrazu elektrickým proudem (staveniště, kotelny apod.);
- Omezená možnost použití svařovacích elektrod, vcelku velká hmotnost;

### Svařovací usměrňovače

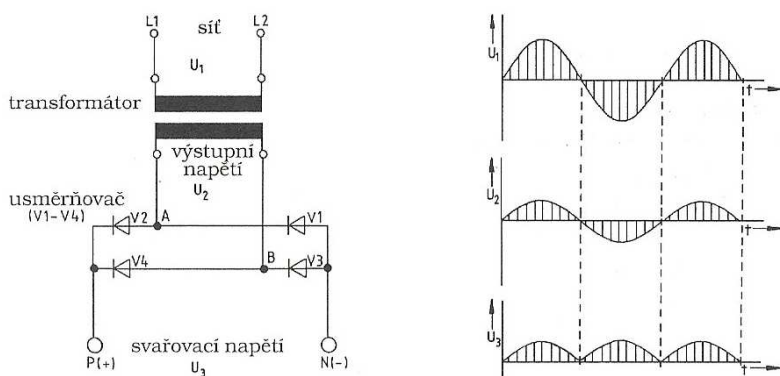
Jedná se o netočivé zdroje svařovacího proudu. Jsou nejčastější zdroje určené pro svařování stejnosměrným proudem, skládající se z transformátoru, usměrňovacího obvodu a ovládacích prvků. Transformátor zajistí snížení napětí na hodnotu vhodnou ke svařování a následující obvod, složený z polovodičových prvků, střídavý proud usměrní. Jelikož usměrňovač nezajistí kvalitní průběh proudu vhodný ke svařování, používá se vyhlazovací tlumivka. Bez ní by se elektrický oblouk špatně zapaloval, zhasínal nebo prskal. Ta nám částečně průběh napětí vyhladí, aby nedocházelo každou půlperiodu k poklesu napětí na nulovou hodnotu. Tímto způsobem jsou už zmíněné veličiny upraveny tak, že je zdroj vhodný ke svařovacím účelům.

V začátcích těchto usměrňovačů (neřízených), se regulace proudu dosahovala změnou elektromagnetických vlastností transformátoru. Později se přistoupilo k použití transduktoru (regulační tlumivka), která přispívala ke zlepšení dynamických vlastností. Ale až zásadní změna přišla s použitím tyristoru neboli také řízeného usměrňovače. Ten umožnil plynulou, elektronickou regulaci svařovacího proudu a do velké míry zjednodušil silový obvod. Další podstatnou změnou v konstrukci usměrňovače bylo použití tranzistorů. Tyto polovodičové prvky se využívají jako říditelné odpory, nebo jako rychlé spínače proudu.

Svařovací usměrňovače lze obecně rozdělit na jednofázové a třífázové. Přednostně se pro své výhodné vlastnosti a rovnoměrné zatěžování sítě používají třífázové.

Výhody a nevýhody

- + Použitím transformátorů v konstrukci je možnost odebírání DC i AC proudu;
- + Tichý chod, snadná údržba, jednoduché ovládání;
- U jednodušších konstrukcí horší dynamické vlastnosti;
- Pracovní napětí se mění s napětím v síti (kromě zdrojů tyristorových);



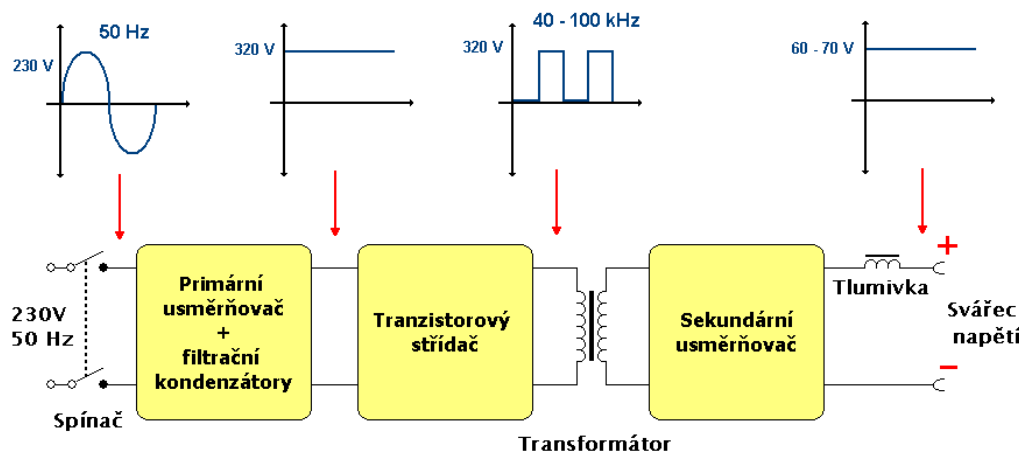
Obr.6. Jednofázový usměrňovač s časovým diagramem.

[1]

## Svařovací invertory

Jsou zdroje svařovacího proudu, využívající změny frekvence vstupního síťového napětí k minimalizaci převodního transformátoru a maximalizaci účinnosti. Obecně lze zařadit do kategorie spínaných zdrojů.

Blokové schéma inverterového zdroje:



Obr.7. Zjednodušené blokové schéma invertoru.

Obecný (základní) princip invertoru:

Vstupní napájecí napětí o velikosti 230V a 50Hz, se nejprve usměrní primárním usměrňovačem a jeho průběh se vyhladí filtračními kondenzátory. Získá se tím stejnosměrné napětí o velikosti  $\sqrt{2} \cdot U_{ef}$ . Takto usměrněné napětí (325V) se tranzistorovým střídačem rozstřídá na obdélníkové impulsy. Tvar tohoto impulsu může být střídavý nebo jednosměrný, podle provedení střídače a opakovací frekvence řádově v kHz. Napětí takových vlastností je zavedeno na primární cívky převodního transformátoru. Vysokou frekvencí impulsů zmenšíme rozměry a hmotnost transformátoru. Ten pak zajistí jednak galvanické oddělení napětí a hlavně snížení výstupního svařecího napětí na bezpečnou hodnotu. Na sekundárním vinutí transformátoru získáme opět střídavé napětí, které je nutno usměrnit sekundárním usměrňovačem. Pro vyhlazení výstupního průběhu napětí se za usměrňovač zapojuje tlumívka, která díky indukčnosti usnadní zapálení elektrického oblouku.

Výhody a nevýhody

- + malé rozměry a hmotnost, jednoduchá obsluha;
- + vysoká účinnost (80 – 90 %), rychlá odezva řízení, velká stabilita oblouku;
- + snadná změna statické charakteristiky zdroje, rychlá regulace proudu;
- + možnost využití v automatizovaných pracovištích a propojení s PC;
- + univerzální zdroj pro metodu MMA, TIG a MIG/MAG vlivem nastavitelné statické charakteristiky;
- vysoká cena, drahý servis;

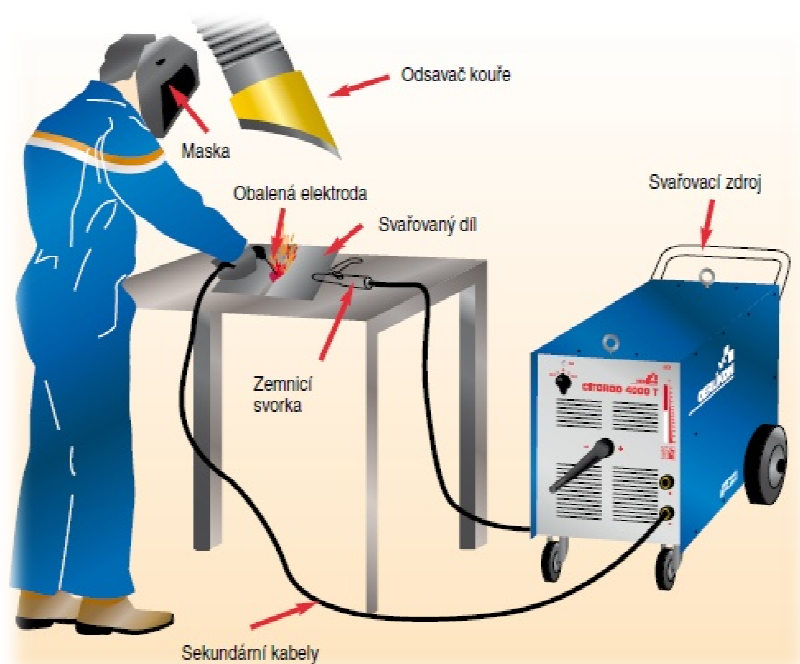
[9]

## 2.5 svářecí metody

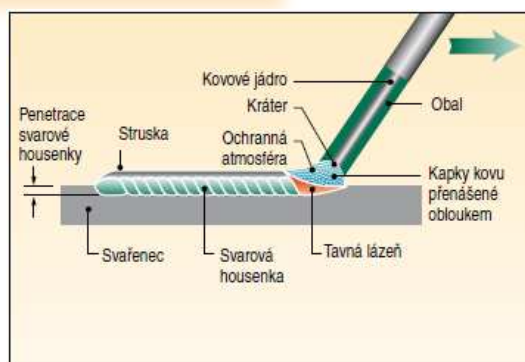
### 2.5.1 Svařování obalenou elektrodou (MMA)

Elektrický oblouk se zapaluje dotykem špičky elektrody o základní materiál propojený se zemnicím kabelem. Jakmile oblouk vzplane, vzdálí se elektroda od svařovaného dílu na běžnou svařovací vzdálenost. Zapálení oblouku může být usnadněno počátečním zvýšením proudu ve srovnání s hodnotou základního svařovacího proudu (funkce Hot Start). Po vytvoření elektrického oblouku se začne odtavovat střední část elektrody a ve formě kapek je přenášena na svařovaný materiál. Vnější obal elektrody při hoření slouží k vytvoření ochranného plynu, který zajistí ochranu materiálu před chemickými reakcemi s okolním vzduchem. Tím se zachovává houževnatost a pevnost svaru. Proti zhasnutí oblouku, které může být způsobeno zkratovým přenosem kovu v oblouku se u zdrojů vybavených funkcí Arc Force přechodně zvýší svařovací proud po dobu trvání zkratu. Zůstane-li elektroda přilepená ke svařovacímu dílu, svařovací proud se sníží na hranici minima (anti/sticking).

Při svařování obalenou elektrodou je za účelem kvalitních svárů důležitá příprava navarových hran, volba elektrody, úhel sklonu a pohyb elektrody, volba svařovacího proudu a konečné odstranění strusky.



Obr.8. Ukázka svařování metodou MMA z katalogového materiálu firmy OERLIKON.



Obr.9. Přenos kovu metodou MMA.

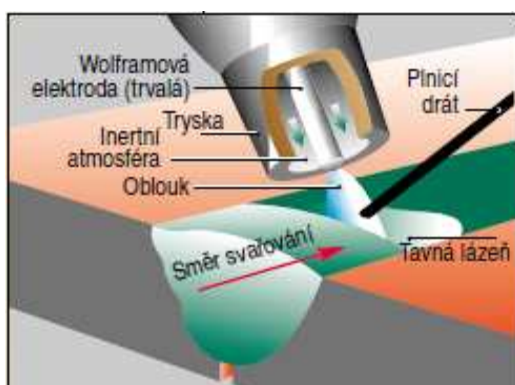


## 2.5.2 Svařování metodou TIG/WIG

Princip svařování metodou TIG/WIG je založen na elektrickém oblouku hořícím mezi elektrodou s vysokým bodem tavení (čistý wolfram nebo její slitina) a svařovaným materiálem. Do oblouku se potom vkládá přídavný materiál s vhodnými mechanickými vlastnostmi. Pro ochranu svařovací lázně se zde používá atmosféra s inertním plynem. Elektrický oblouk je zapalován bezdotykově H.F. vysokofrekvenčním výbojem, aby se zabránilo dotyku wolframové elektrody se svařovaným materiálem a zamezilo se tak vměstků ve svaru. Pro další způsob zapalování elektrického oblouku existuje funkce Lift Start, která zapaluje oblouk zkratem při nízké hodnotě svařovacího proudu. Následným oddálením elektrody vznikne oblouk a proud se plynule zvýší až na nastavenou hodnotu svařovacího proudu. Pro lepší kvalitu konečné části svarového spoje je důležité kontrolovat doběh svařovacího proudu a zajistit proudění plynu ještě několik sekund po zhasnutí oblouku. U TIG metody není po skončení svařování struska.

### Polarita svařování:

- *Přímá polarita (D.C.S.P.)* je nejvíce používanou. Snižuje opotřebení elektrody, protože 70% tepla se koncentruje na materiálu (anodě). Je dosahováno vysokých rychlostí posuvu s následným nízkým dodávaným teplem. Má úzkou a hlubokou svařovací lázeň.
- *Nepřímá polarita (D.C.R.P.)* umožňuje svařování slitin s vrstvou žáruvzdorného oxidu s teplotou tavení vyšší než je teplota tavení kovů. Kvůli zvýšenému opotřebení elektrody není možné používat vysoký proud.
- *Přímá pulzní polarita (D.C.S.P. Pulsed)* při použití pulzního stejnosměrného proudu umožňuje lepší kontrolu svařovací lázně ve zvláštních svařovacích podmínkách, která je tvořena proudovými pulzy, zatímco základní proud udržuje zapálený oblouk. Tím se usnadňuje svařování tenkých materiálů s omezenou deformací a vzniká menší nebezpečí trhlin. Zvýšením kmitočtu se dosáhne užšího, koncentrovanějšího a stabilnějšího oblouku při svařování tenkých materiálů.



Obr.10. Přenos kovu netavenou wolframovou elektrodou.

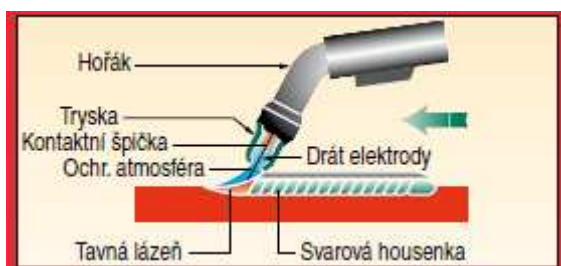
### 2.5.3 Svařování metodou MIG/MAG

Metodou MIG/MAG označujeme poloautomatické svařování kovů v ochranné atmosféře buď inertního (MIG), nebo aktivního (MAG) plynu. Poloautomatické z toho důvodu, že přídatný materiál (drátová elektroda) je do místa svařování přiváděn motorizovaným pohonem na základě povelu svářeče. Posuv elektrody se provádí pomocí spínače umístěného na hořáku.

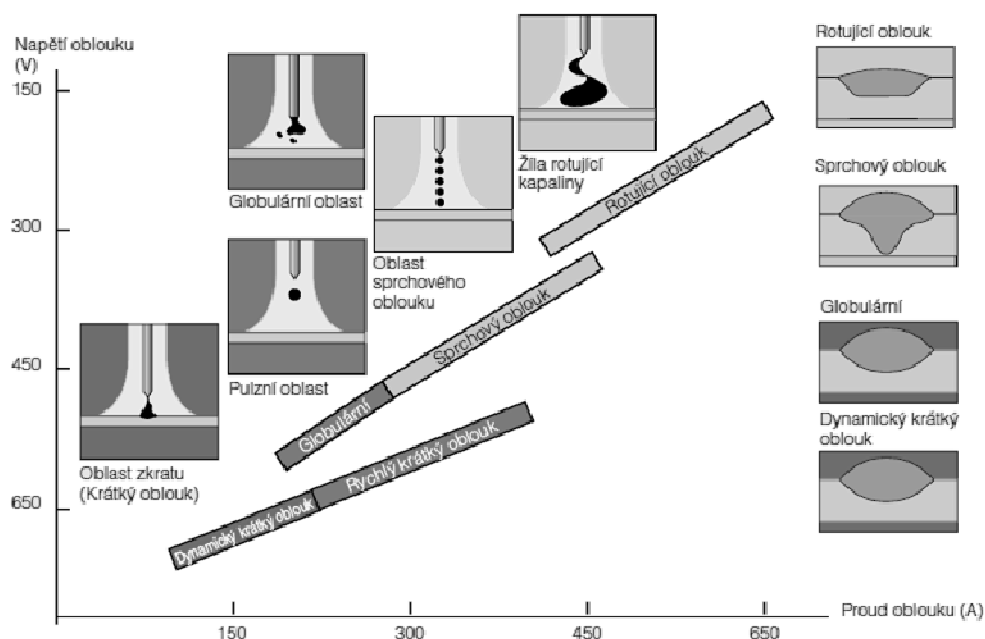
- Viditelnost oblouku u MIG/MAG metody omezuje nutnost přesného dodržování tabulek nastavení ze strany pracovníka, který tak má možnost přímé kontroly tavné lázně.
- Napětí přímo ovlivňuje vzhled svaru,
- Rychlost posuvu drátu je přímo úměrná svařovacímu proudu
- Kvalita svařování závisí na použitém typu zdroje, jednoduchosti ovládání, možnosti rychlého synergického nastavení svařovacích parametrů, automatického definování parametrů na základě provozních podmínek (síla materiálu, plynu, drátu, rychlosti posuvu), které jsou dynamicky řízeny a udržují vyváženost mikroprocesorem řízeného svařovacího procesu
- Nevyžaduje odstraňování strusky

#### V závislosti na svařovacím proudu probíhá přenos kovu v oblouku třemi způsoby:

- *Zkratový přenos (Short Arc)*, nastává při nízkých výstupních proudech. Mezi svařovacím drátem a materiálem se vytvoří elektrický zkrat a přenos probíhá během této fáze. Nevýhodou je rozstřík taveného materiálu.
- *Kapkový přenos (Globular)*, nastává při vstupu kapky roztaveného drátu do svařovacího obvodu za použití velmi aktivního plynu (čistý  $\text{CO}_2$ ), nebo při přechodu ze zkratového přenosu na sprchový se všemi ostatními plyny. Vzhledem k nestabilitě oblouku a špatnému rozstříku se používá jen omezeně.
- *Sprchový přenos (SPRAY)*, je způsob používaný při vysokých svařovacích proudech. Kapky elektrody vstupující do oblouku se zcela odpaří, takže zmizí vady způsobené rozstříkem. Použití je možné pouze u silných plechů a u svařování shora dolů.



Obr.11. Ukázka přenosu kovu metody MIG/MAG.



Obr.12. Režimy přenosu kovu.

[10]

## 2.6 Používané elektrody

Elektrody se využívají od počátku vzniku obloukového svařování a jejich vývoj se posunul tak daleko, že dnes můžeme dosáhnout vysoké kvality svaru. Tato kvalita je ovlivněna řadou faktorů, ve kterém je i výběr vhodné elektrody.

### Základní rozdělení:

- Netavné elektrody- používají se pro vytvoření oblouku, ale neposkytují svarový kov. Jsou to uhlíkové a wolframové (metoda TIG).
- Tavné elektrody- Pomocí tepla elektrického oblouku se taví a dodávají do svaru přídatný kov. Pro kvalitní svar by měli mít stejné, nebo alespoň podobné složení jako svařovaný materiál.

*Tavné elektrody mohou být:*

- Holé – pro svařování v ochranné atmosféře nebo pod tavidlem.
- Obalené – používají se pro svařování metodou MMA. Vyrábí se jak pro stejnosměrný, tak i střídavý proud a polarita závisí na druhu jejího obalu.

Obal elektrody je používán kvůli vytvoření plynové a struskové ochrany svařovací lázně a vytvoření příznivých podmínek pro zapálení a stabilní hoření elektrického oblouku. Zmenšuje rozstřík pro svařování v různých polohách a některé obaly svým obsahem legují svarovou lázeň.

[12]

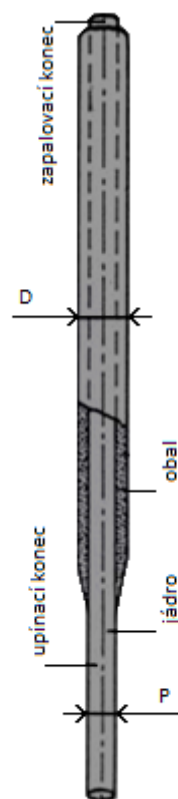
## Obalené elektrody se rozdělují podle:

- síly obalení (celkový průměr/průměr jádra):

- Tence obalené
- Středně tlustě balené
- Tlustě balené
- Velmi tlustě balené

- Podle chemického složení obalu:

- Rutilové
- Rutil – celulóznové
- Rutil – kyselé
- Rutil – bazické
- Tlustostěnné rutilové
- Kyselé
- Bazické
- Celulóznové

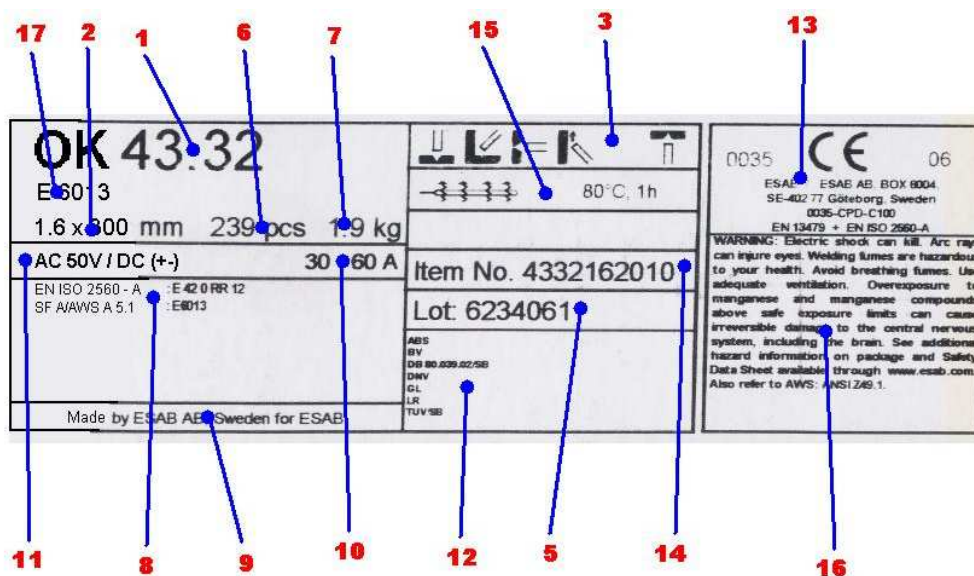


Obr.13. Složení obalené elektrody.

[13]







## Štítkové údaje

Obr.14. Vysvětlení štítkových údajů elektrod.



1. Obchodní označení elektrod
2. Průměr x délka elektrody (mm)
3. Vhodné polohy svařování. Vysvětlení piktogramů níže.

4. Chemické složení svarového kovu
5. Číslo tavby (LOT)
6. Počet elektrod v balení
7. Hmotnost
8. Klasifikace elektrod podle norem
9. Výrobce
10. Doporučený rozsah svářecího proudu
11. Druh a polarita svářecího proudu. AC- střídavý proud, DC- stejnosměrný proud. Symboly plus a mínus je označeno, na jakou svorku zdroje je potřeba elektrodu připojit (u stejnosměrného proudu). Pokud jsou uvedeny oba symboly, zapojení je libovolné. Někdy i bývá doporučena hodnota minimálního napětí naprázdno.
12. Seznam institucí, kde byla elektroda schválena a atestována.
13. Značka shody s normami CE a seznam norem, podle kterých byla elektroda posuzována.
14. Katalogové číslo výrobce
15. Údaje pro přesušení elektrody. Udává při jaké teplotě a jak dlouho.
16. Bezpečnostní varování
17. Mezinárodní označení elektrod

	Svařování v poloze PA – vodorovná shora (tupý svar)
	Svařování v poloze PB – vodorovná šikmo shora (koutový svar)
	Svařování v poloze PC – vodorovná na svislé stěně
	Svařování v poloze PE – vodorovná nad hlavou
	Svařování v poloze PF – zdola nahoru
	Svařování v poloze PG – shora dolů

Tab.2. Různé svařovací polohy.

[11]

### 3. Průzkum trhu

Byl zaměřen na invertorové zdroje s plynulou regulací svářecího proudu. Je tak z důvodu čím dál vyšší oblíbenosti a častějšímu používání široké veřejnosti. Kvůli své nízké hmotnosti a malých rozměřů je možnost použití tohoto zdroje značně rozšířena. Uplatnění najde jak mezi amatéry, díky své jednoduchosti při ovládání, tak i mezi zkušenými pracovníky. Tyto zdroje mají vynikající svářecí vlastnosti a univerzálnost při použití různých svařovacích metod. Z těchto důvodů je najdeme kdekoli na stavbách, domácích dílnách, firmách, ale i v pokročilé automatizované výrobě.

#### V průzkumu byly srovnávány následující vlastnosti zdrojů:

- Rozsah svařovacího proudu.
- Napětí naprázdno.
- Zatěžovatel při 100%, 60% a při  $I_{\max}$ .
- Možnost svařování metodou TIG.
- Cena (uvedena včetně DPH).

Porovnávané vlastnosti jsou, kromě ceny, blíže popsány v kapitole 2.2. U výzkumu byla vynechána hmotnost přístroje, která většinou bývá oproti ostatním typů zdrojů malá a u srovnávaných svářeček není vyšší než deset kilo. Vyšetřovány byly pouze přístroje pro svařování obalenou elektrodou, protože je to nejflexibilnější metoda při svařování elektrickým obloukem. Nejsou zde zapotřebí žádné ochranné plyny, ani plně automatizované jednotky a i tak má svar chvályhodné vlastnosti. Všechny uvedené zdroje v tabulkách mají konstrukční napájecí napětí 230V s frekvencí 50Hz a stejnosměrnou povahou proudu. Uvedené zdroje jsou v aktuální katalogové nabídce firem roku 2009/2010.

#### 3.1 Výrobci svařovacích zdrojů a agregátů

Z výrobců byli vybíráni ti hlavní a největší představitelé, kteří působí na českém trhu z řad tuzemských i zahraničních firem. Před dvěma roky\* se v Brně konal již 19. Ročník mezinárodního veletrhu svařovací techniky. Právě tento veletrh byl hlavním kritériem pro výběr těch nejvýznamnějších zásobovatelů českého trhu svařovací technikou. Další (užší) způsob výběru proběhl na základě dostupnosti, obsazenosti a četnosti výskytu těchto výrobků pro běžného spotřebitele.

V oboru: Stroje a zařízení pro ruční svařování, navařování a řezání elektrickým obloukem, se celkem na výstavě zúčastnilo 27 firem celkem z osmi zemí. Z toho 12 bylo vyhovujících pro zařazení do průzkumu trhu jako Výrobci svařovacích zdrojů a agregátů. Z důvodu rozsáhlosti možností bylo uvažováno pouze se zdroji pro metodu MMA (svařování obalenou elektrodou). Dále je to nejstarší způsob svařování, je nejjednodušší a kdekoli vhodný pro praktické využití.

### **Zvolení výrobci svářecích zdrojů:**

Firma	Národnost
KÜHTREIBER	ČESKÁ REPUBLIKA
ALFA IN	ČESKÁ REPUBLIKA
OMICRON	ČESKÁ REPUBLIKA
ESAB	ŠVÉDSKO
MIGATRONIC	DÁNSKO
FRONIUS	RAKOUSKO
SELCO	ITÁLIE

*Tab.3. Sledování výrobci svařovacích zdrojů.*

Je-li to možné, byl na veletrhu přítomný pouze jeden tuzemský výrobce, zařadil jsem do průzkumu ještě další dva, kteří mají nemalý podíl na českém trhu. Chybějící hodnoty v tabulce, výrobce neuváděl.

## **3.2 Tuzemští výrobci**

### **3.2.1 Kühtreiber**

Společnost KÜHTREIBER, s.r.o. byla založena v roce 1998 jako rodinný podnik, který se od samého počátku zabývá vývojem, výrobou a prodejem svařovací techniky včetně příslušenství pro svařování.

Vývojoví pracovníci společnosti Kühtreiber, s.r.o. vyvinuli a společnost v dnešní době vyrábí více než 50 typů a variant svařovacích strojů KIT pro svařování metodami MIG/MAG a více jak 20 typů invertorových strojů KITin pro sváření metodami MMA a TIG.

Dále společnost Kühtreiber, s.r.o. nabízí svařovací samozatmívací masky, svařovací hořáky, náhradní díly svářecích hořáků a svařovacích strojů, elektrody a další. Z celkového počtu vyrobených strojů je více jak 45% určeno na export do více jak 35 zemí Evropy a celého světa.

[14]

Typ	Napětí naprázdno [V]	Rozsah [A]	DZ 100% [A]	DZ 60% [A]	DZ=Imax [%]	TIG	Cena [Kč]
<b>KITin 145</b>	88	10-140	95	120	40	●	8 953
<b>KITin 165</b>	88	10-160	95	120	45	●	9 136
<b>KITin 190</b>	88	10-180	110	150	45	●	11 888
<b>KITin 130</b>	88	10-130	125	-	45	●	9 564
<b>KITin 150</b>	88	10-150	125	140	45	●	10 527
<b>KITin 170</b>	88	10-170	125	140	35	●	11 350

Tab.4. Nabídka invertorových zdrojů společnosti Kühtreiber.

**KITin 145 – 190**

- Vynikající svařovací vlastnosti, spolehlivost.
- REMOTE CONTROL (dálkové ovládání).
- Anti stick (omezení rizika přilepení elektrody).



Obr.15. KITin 145.

**KITin 130 – 170**

- Konstrukce s využitím IGBT technologie (rychlá regulace).
- Důraz na maximální užitnou hodnotu a vysoký výkon.
- REMOTE CONTROL (dálkové ovládání).
- HOT-START (jednodušší zapálení oblouku).
- ARC-FORCE (stabilizace oblouku).
- ANTI STICK (omezení rizika přilepení elektrody).



Obr.16. KITin 130.



### 3.2.2 Alfa in

ALFA IN a. s. založil začátkem roku 1998 management firmy spolu se společností ENVINET a.s. Začátkem roku 2000 na doporučení vedení společnosti prodali akcionáři minoritní podíl italskému high-tech výrobcí svařovací techniky WECO. V roce 2002 se společnost přestěhovala do nového areálu postaveného na "zelené louce" v průmyslové zóně Nová Ves.

[15]



Typ	Napětí naprázdno [V]	Rozsah [A]	DZ 100% [A]	DZ 60% [A]	DZ=Imax [%]	TIG	Cena [Kč]
<b>PINGL 160</b>	62	30-160	80	100	25	●	4 798
<b>PEGAS 130E</b>	66	5-130	50	70	20		6 828
<b>PEGAS 160E</b>	62	5-160	80	100	25		9 678
<b>PEGAS 200E</b>	63	5-200	100	130	25		11 388
<b>ALFIN 150 TP</b>	94	5-140	100	-	35	●	14 478
<b>ALFIN 160</b>	65	5-160	130	-	40		29 738

Tab.5. Nabídka invertorových zdrojů společností Alfa in.

#### PINGL 160

- Technologie IGBT.
- ANTI STICK (omezení rizika přilepení elektrody).
- ARC FORCE (stabilizace oblouku).
- HOT START (jednodušší zapálení oblouku).



Obr.17. PINGL 160.

#### PEGAS 130E

- Konstruován v souladu s moderními trendy.
- Snadná obsluha, výrazná mobilita.
- HOT START (snadné zapálení oblouku).
- ANTI STICK (omezení rizika přilepení elektrody).
- ARC FORCE (stabilizace oblouku).
- Ochrana výkonové části tepelným čidlem.



Obr.18. PEGAS 130E.

### **PEGAS 160E – 200E**

- Příznivá pořizovací cena oproti výkonu.
- Větší proudová regulace než předchozí typ.
- ANTISTICK (omezení rizika přilepení elektrody).
- HOT START (snadné zapálení oblouku).
- ARC FORCE (stabilizace oblouku).
- Ochrana tepelným čidlem proti přehřátí.

*Obr.19. PEGAS 160E.*



### **ALFIN 150 TP**

- Bezproblémové svařování elektrodami do 3,25 mm, možnost až do 4 mm.
- Vynikající kvalita při svařování hliníkovými elektrodami.
- HOT START (snadné zapálení oblouku).
- ANTI STICK (omezení proudu při zkratu).
- ARC FORCE (stabilizace oblouku).

*Obr.20. ALFIN 150 TP.*



### **ALFIN 160**

- Mikroprocesorem kontrolované svařovací parametry.
- Design pro těžké pracovní podmínky.
- Nastavitelný HOT START 0-100%.
- Regulovatelný ARC FORCE 0-100%.
- ANTI STICK.

*Obr.21. ALFIN 160.*



## **3.2.3 Omicron**

Kořeny této firmy vznikly již v 80. letech, kdy byly zkonstruovány první svářecí poloautomaty, které později v 90. letech minulého století převzala do výroby řada třebíčských firem. V roce 2004 společnost zakoupila nový výrobní prostor - bývalý areál 1. Brněnské strojírny, do kterého se po rekonstrukci přesunulo sídlo firmy. Dnes se provozovna firmy nachází na 3000m<sup>2</sup> z toho je asi 2000m výroba a 1000m sklady a administrativní prostory.

[16]



Typ	Napětí naprázdno [V]	Rozsah [A]	DZ 100% [A]	DZ 60% [A]	DZ=Imax [%]	TIG	Cena [Kč]
<b>GAMA 131</b>	-	10-130	80	110	45	•	5 388
<b>GAMA 141</b>	-	10-140	90	120	45	•	6 072
<b>GAMA 151</b>	-	10-150	100	130	45	•	7 272
<b>GAMA 160</b>	-	5-160	80	110	25	•	5 032
<b>GAMA 1750</b>	80-90	10-170	130	150	45	•	9 586
<b>GAMA 1700D</b>	80-90	10-170	130	150	45	•	11 386

Tab.6. Nabídka invertorových zdrojů společnosti Omicron.

#### **GAMA 131/141/151**

- Jsou určeny pro svařování MMA, TIG při montážních prací.
- Vybavená funkcí HOT START pro dokonale zapálení oblouku.
- Funkce ANTI STICK omezuje svářecí proud při zkratu.
- ARC FORCE automaticky nastavuje svářecí charakteristiku.
- Vybavená kontrolkou přehřátí a praktickým madlem pro snadné přenášení.



Obr.22. GAMA 131.

#### **GAMA 160**

- Má robustní ocelovou skříň.
- Určena pro kutily i profesionály.
- Vybavená popruhem pro snadnější přenášení a tepelnou ochranou se světelnou signalizací.
- Velmi nízká hmotnost
- Snadné zapálení oblouku zajistí funkce HOT START.
- ARC FORCE zabezpečuje stabilitu hoření elektrického oblouku.
- Funkce ANTI STICK omezuje svářecí proud při zkratu.



Obr.23. GAMA 160.

### **GAMA 1750**

- Snadné přenášení a manipulace.
- Obsahuje tepelnou ochranu se světelnou signalizací.
- HOT START (snadné zapálení oblouku).
- ANTI STICK (stabilita hoření oblouku).
- ARC FORCE (omezuje proud při zkratu).



*Obr.24. GAMA 1750.*

### **GAMA 1700D**

- Řada "D" využívá nejnovější technologie mikroprocesorového řízení svařovacího procesu.
- Opatřen displejem pro digitální nastavení proudu.
- HOT START zabezpečuje dokonalé zapálení oblouku.
- Funkce ANTI STICK omezuje proud při zkratu.
- ARC FORCE automaticky nastaví svářecí charakteristiku.
- Možnost připojení dálkového ovládání.
- Použití při montážích, vysoké zátěže.



*Obr.25. GAMA 1700D.*

## **3.3 Zahraniční výrobci**

### **3.3.1 Esab**

Základy firmy ESAB jsou položeny velmi hluboko a na pevném podloží. Základním kamenem bylo nalezení řešení praktického problému. Vynálezcem a autorem řešení byl Oskar Kjellberg. Tím řešením byla obalená svařovací elektroda. I dnes desítky tisíc svářečů vidí jeho iniciály - OK - na svařovacích materiálech, které používají při své každodenní činnosti. V roce 1904 Oscar podal ručně psaný patent, který popisoval jeho jedinečný vynález.

Dnes firma vyrábí svařovací materiály a zařízení skutečně pro všechny svařovací a řezací metody a aplikace. 100 let neustálého výzkumu, vývoje a výroby přivedlo ESAB na vedoucí pozici v oblasti svařování a řezání, takže je mezinárodním dodavatelem výrobků, know-how a služeb jako žádná jiná firma.

[17]



Typ	Napětí naprázdno [V]	Rozsah [A]	DZ 100% [A]	DZ 60% [A]	DZ=Imax [%]	TIG	Cena [Kč]
<b>CADDY 151i, A31</b>	58-72	8-150	90	100	25	•	17 793
<b>CADDY 151i, A33</b>	72	4-170	90	100	25	•	25 650
<b>CADDY 201i, A33</b>	72	4-150	110	130	25	•	29 410

Tab.7. Nabídka invertorových zdrojů společností Esab.

Ceny invertoru výrobce nezveřejňuje, proto byly získány z internetového obchodu. [21]

#### **CADDY A151i, A31**

- Obsahuje snadno pochopitelné a jednoduché nastavení.
- Má kompaktní a trvanlivé nástroje vybavené velkými kabelovými konektory.
- Možnost použití automatického HOT START a ARC FORCE.
- Zdroj je vybaven obvodem PFC, kdy může pracovat s velmi dlouhými kabely (až 100m).
- Lze použít elektrody s průměrem 1,6 - 3,2mm a některé až do 4mm.
- Třída krytí zajišťuje bezpečné použití zdroje i při dešti.



Obr.26. CADDY A151i, A31.

#### **CADDY 151i/201i, A33**

- Kompaktní a přenosný invertor.
- Pochopitelné a jednoduché nastavení.
- Možnost použití dálkového ovládání.
- Disponuje automatickou funkcí HOT START a ARC FORCE.
- Obsahuje regulátor ArcPlus™ II který zajišťuje lepší svařovací parametry.
- Panel je vybaven dvěma paměťovými pozicemi k uložení všech nastavení.
- Vybaven obvodem PFC – možnost práce s velmi dlouhými kabely (až 100m).
- Třída krytí IP 23 – pro použití venku i za deště.



Obr.27. CADDY 151i, A33.

### 3.3.2 Migatronice

Roku 1970 vznikla v Dánsku nová firma jménem Migatronice a tentýž rok byl vytvořen první CO<sup>2</sup> MAG svařovací zdroj. Za pár let vyrobila první čtyři typy svařovacích zdrojů, nainstalovala první průmyslovou svářečku, zúčastnila se strojírenského veletrhu a začala vyvážet svařovací zdroje do zahraničí. Po významné zakázce ze Švédska zvýšila svůj roční obrát a rozšířila export do více zemí (Itálie, Belgie, Finsko, Norsko, Holandsko, Rakousko, Islandu). Růst firmy a stále vyšší požadavky ji vedlo k přestěhování do větších prostorů v městečku Fjerritslev. Tam firma sídlí dodnes. 1977 je rok, kdy se poprvé firma Migatronice zúčastnila tak prestižní výstavy jako byla Schweissen & Schneiden v Essenu, kde představila první invertorový svařovací zdroj. Zakládala dceřinné společnosti v okolních státech a začala exportovat sortiment do všech světadílů. Růstem, obratem a velikostí firmy, byly kotovány její akcie a Migatronice se tak dostal na burzu cenných papírů. Společnost se stává jako první z Evropských výrobců svářecích zdrojů držitelem certifikátem jakosti ISO 9001. V České republice začíná svoji působnost v roce 1992.

[18]

## MIGATRONIC

Typ	Napětí naprázdno [V]	Rozsah [A]	DZ 100% [A]	DZ 60% [A]	DZ=Imax [%]	TIG	Cena [Kč]
<b>DELTA 140E</b>	55-60	10-140	85	90	15	•	11 716
<b>DELTA 160E</b>	55-60	20-160	100	120	15	•	13 713
<b>DELTA 180E</b>	60	10-180	145	160	-	•	22 07
<b>DELTA 160HP</b>	60-65	10-160	110	130	15	•	45 639
<b>DELTA 200HP</b>	60	10-200	125	150	-	•	51 563

Tab.8. Nabídka invertorových zdrojů společností Migatronice.

Ceny invertoru výrobce nezveřejňuje, proto byly získány z internetového obchodu. [22]

#### Delta 140/160/180 E

- Robustní a odolná konstrukce.
- Doplněna funkcí HOT START pro snadné zapálení oblouku.
- ARC FORCE zajišťující stabilitu hoření oblouku.
- Nízko položené těžiště pro rovnováhu stroje.
- Při použití metody TIG se zapaluje oblouk náškrabem.



Obr.28. Delta 140.

### Delta 160/200 HP

- Možnost použití 2T a 4T režimu, zdroje doplněny displejem.
- Vhodnost použití v místech se zvýšeným nebezpečím úrazu elektrickým proudem.
- Primárně určeny pro svařování metodou TIG.
- Při použití metody TIG se zapaluje oblouk vysokofrekvenčně.
- Nízké těžiště stroje.
- Určeny pro svařování tenkých a středně tenkých ocelových, nerezových nebo měděných plechů.



Obr.29. Delta 160 HP.

### 3.3.3 Fronius

Firmu na výrobu nabíjecích přístrojů a svařovacích transformátorů založil 10. června 1945 Günter Fronius v Pettenbachu (Rakousko). Dnes společnost Fronius přeměňuje energii a je považována za jedničku ve třech odvětvích:

- V oblasti akumulátorových systémů má společnost Fronius vedoucí postavení v oboru úsporných nabíjecích technologií.
- V oblasti svařovací techniky je společnost Fronius kompetentním partnerem pro mezinárodní automobilový průmysl a jiná kovozpracující odvětví s vysokými nároky na kvalitu.
- Špičkové know-how využívá společnost Fronius i v oblasti fotovoltaiky a vyrábí vysoce kvalitní solární elektroniku.

Fronius působí v České republice od roku 1991. O rok později byl otevřen výrobní závod v Českém Krumlově, kde se také nachází sídlo firmy. V Praze vyrůstá nové obchodní centrum pro všechny tři obory: svařovací techniku, solární zařízení a nabíjecí systémy.

[19]



Typ	Napětí naprázdno [V]	Rozsah [A]	DZ 100% [A]	DZ 60% [A]	DZ=Imax [%]	TIG	Cena [Kč]
Trans Pocket 1100	105	10-110	80	-	30		15 370
Trans Pocket 1200	105	10-120	40	-	15	•	11 920
Trans Pocket 1500	92	10-140	80	-	25	•	16 200

Tab.9. Nabídka invertorových zdrojů společností Fronius.

Ceny invertoru výrobce nezveřejňuje, proto byly získány z internetového obchodu. [23]



### **Transpocket 1100/1200**

- Plně digitálně řízený svařovací stroj.
- Obsahuje rezonanční inteligenci.
- U zdroje lze mít přívodní kabely až do délky 100m.
- Obsahuje robustní konstrukci.
- Mobilní použití.



*Obr.30. Transpocket 1100.*

### **TransPocket 1500**

- Má ideální charakteristiku, starající se o stabilní hoření oblouku.
- Plně digitálně řízený svařovací stroj s rezonanční inteligencí.
- Možnost délky přívodních kabelů až 100m.
- Spolehlivé svařování s veškerými typy elektrod, bez rizika i s celulózovými.
- Lze svařovat elektrodou o průměru do 4mm.



*Obr.30. Transpocket 1500.*

## **3.3.4 Selco**

Selco je italská společnost s 30ti letou tradicí vyrábějící moderní zdroje pro svařování a řezání plazmovým obloukem, zdroje pro roboty a profesionální aplikace a užití. Filosofii společnosti Selco charakterizuje technologický pokrok, vědomí nutnosti změn, neustálý výzkum účinnějších a rychlejších postupů, týmová práce a kolektivní duch. Selco představuje jednoho z předních hráčů ve světě svařování. Zaměstnává více než 200 lidí v 10 obchodních zastoupeních po celém světě.

SELCO CZECH REPUBLIC s.r.o. je nejstarší přímou pobočkou působící v ČR od roku 1995. Uživatelé výrobků Selco jsou zákazníci, kteří vyhledávají spolehlivá a dobře technicky vybavená zařízení s množstvím funkcí zjednodušujících obsluhu i nastavení parametrů a zároveň přinášejících vynikající svařovací vlastnosti.

[20]



Typ	Napětí naprázdno [V]	Rozsah [A]	DZ 100% [A]	DZ 60% [A]	DZ=Imax [%]	TIG	Cena [Kč]
Genesis 1100	-	5-110	85	95	30		17 393
Genesis 145	62	5-145	100	120	30	●	16 150
Genesis 1300	81	5-130	95	100	30		-
Genesis 1500	84	5-150	110	125	30	●	25 126
Genesis 1700	80	3-170	120	150	35	●	29 970

Tab.10. Nabídka invertorových zdrojů společností Selco.

Ceny invertoru výrobce nezveřejňuje, proto byly získány z internetového obchodu. [24]

#### Genesis 1300

- Moderní praktický invertor s vynikajícími svařovacími vlastnostmi.
- Jeden z nejmenších zdrojů na trhu.
- Lze svařovat elektrodami do 3,5mm.
- Jednoduché ovládání a snadná mobilita.
- Vhodný pro provoz na elektrocentrálách.



Obr.32. Genesis 1300.

#### Genesis 1500

- Jednoduchá obsluha a bezproblémový provoz.
- K tichému provozu přispívá řízený ventilátor.
- Dlouhé přívodní kabely a extrémní podmínky nejsou překážkou.
- Přednosti obsaženy v kompaktnosti, mobilitě, hmotnosti a výkonu.



Obr.33. Genesis 1500.

#### Genesis 145

- Vyznačuje se kompaktní a robustní konstrukcí.
- U zdroje použity samozhášecí plasty ABS.
- Vhodnost svařování i rutilovou elektrodou a elektrody na hliník.
- U metody TIG kontaktní zapalování.
- V souladu s evropskými standardy zahrnující elektrickou bezpečnost a magnetickou kompatibilitu.



Obr.34. Genesis 145.

### Genesis 1700

- Dobrá charakteristika a vynikající dynamika při svařování na všech materiálech.
- Synergické nastavení typu elektrod.
- Digitální zobrazení proudu a napětí
- Možnost připojení dálkového ovladače.
- Určen pro provoz na dlouhých napájecích kabelech i elektrocentrálách.
- Samozřejmě jsou funkce HOT START, ARC FORCE a ANTI STICK.



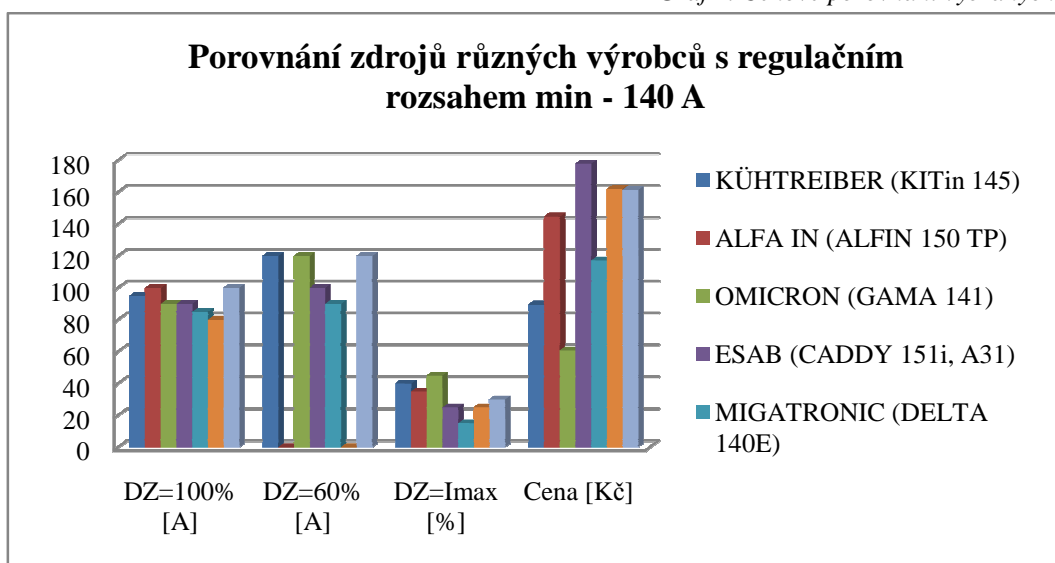
Obr.35. Genesis 1700.

## 3.2 Cenové porovnání svářecích zdrojů různých výrobců

Bylo porovnáno 7 nejpodstatnějších výrobců z oblasti obloukového svařování. Vybírání byli z řad tuzemských i zahraničních, s velkou mírou se podílejících právě na českém trhu. Důležitý faktor, který hrál hlavní roli v cenovém porovnávání, byl rozsah svařovacího proudu neboli regulační rozsah. Jedná se o jednu z hlavních vlastností zdrojů, kterou bychom neměli při výběru svářečky přehlédnout. Právě ten měly zdroje ze střední cenové relace vcelku stejný, kromě zdroje Genesis 145 značky Selco a Caddy 151i, A31 firmy ESAB. Jejich regulační rozsah přesahoval danou mez o pět a deset ampér. Nejedná se o závažné rozdíly, a proto s nimi bylo i dále pracováno. Dalším společným znakem porovnávaných zdrojů je možnost přepínání mezi metodou MMA a TIG. U všech typů je možnost svařování metodou TIG s příslušnými souvisejícími funkcemi (arc force, anti stick a hot start).

Regulační rozsah byl porovnáván od minimální hodnoty nastavitelného proudu do 140A. Spolu s cenou byly sledovány i další vlastnosti, jako jmenovitý svařovací proud (DZ=60%), maximální svařovací proud (DZ=100%) a taky kolik procent času z deseti minut je schopen zdroj dodávat maximální nastavitelnou hodnotu proudu ( $DZ=I_{\max}$ ).

Graf 1. Cenové porovnání vybraných zdrojů.



Všechny ceny, uvedené v tabulkách a grafu, jsou aktuální pro den 19. 4. 2010 a počítány s 20% DPH. Pro lepší přehlednost a orientaci v grafu, jsou ceny uvedeny ve stokorunách.

Z grafu je patrné, že lepší ceny porovnávaných zdrojů mají čeští výrobci. Stejně tak nalezneme u tuzemských výrobců vyšší hodnoty proudů dovoleného zatížení než u zahraničních. Nejlépe si vedl zdroj Gama 141 značky Omicron, který má ze všech sledovaných nejnižší cenu, výborný maximální zatěžovatel a vynikající proudové vlastnosti při svařování. Hodí se pro širokou škálu uživatelů chtějících výborný poměr ceny/výkonu. KITin 145 od společnosti Kühltreiber má vyšší cenu, ale proudově je vcelku srovnatelný. Horších vlastností dosáhli výrobci zahraniční, u kterých je cena příliš vysoká a proudové vlastnosti mají stejné nebo daleko horší, než zdroje vyrobené tuzemskou firmou. Ceny jsou tak vysoké z důvodu různých evropských atestací a standardů, plně digitálních ovládacích prvků nebo použití kvalitních materiálů např. konstrukci ze samozhášecích plastů. Z průzkumu vidíme, že zahraniční výrobci nekladou důraz hlavně na cenu a proudovou zatížitelnost, tak jako tuzemští výrobci, ale spíše se jim jedná o jednoduchost, uživatelskou nenáročnost, pohodlnost při používání a celkovou automatizovanost stroje. Dalším aspektem je fakt, že cenu dělá i známost značky.

## **4. Porovnání elektrických parametrů invertorových a transformátorových zdrojů**

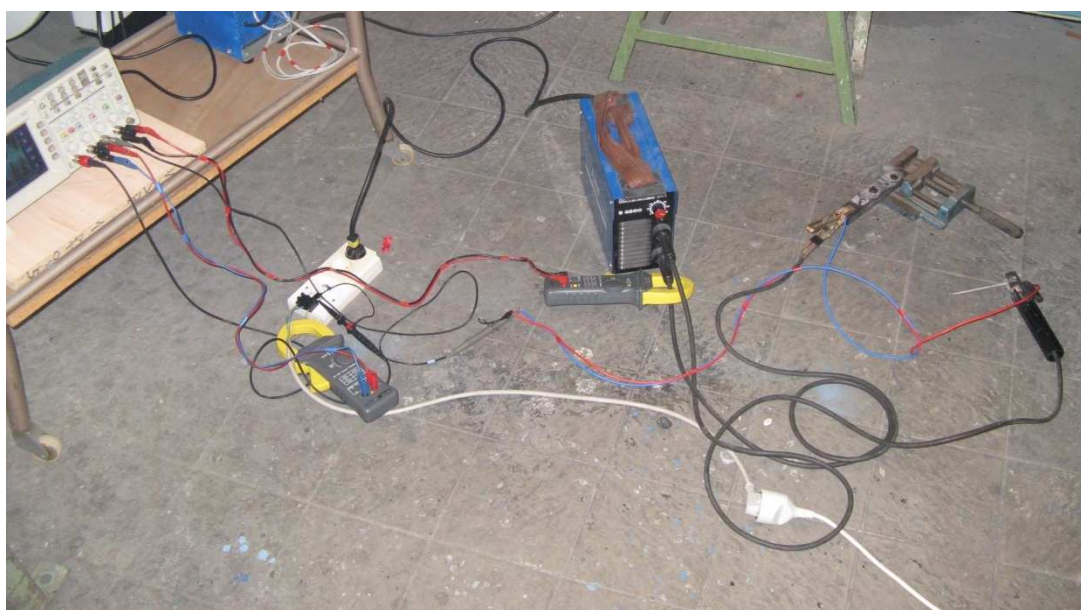
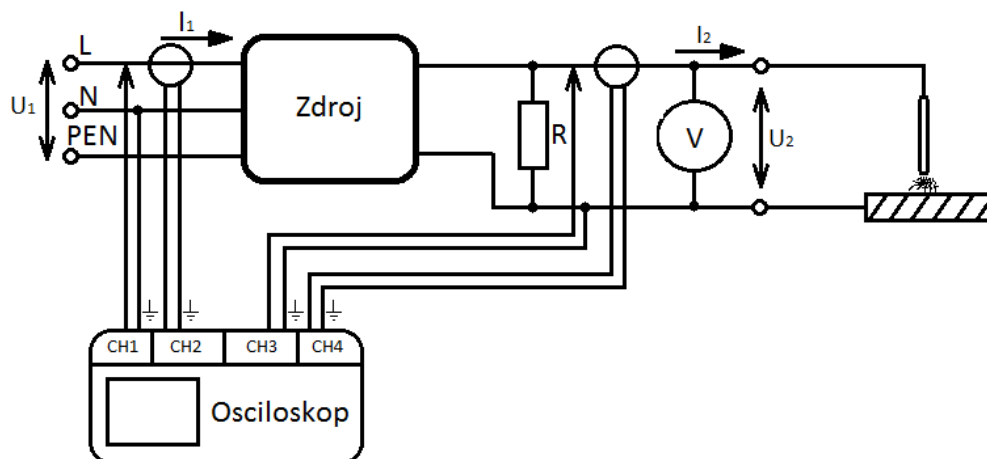
Cílem této kapitoly bylo změřit a analyzovat elektrické parametry konkrétních typových svářecích zdrojů a to jak klasických, tak invertorových. Byly zde vybrány pouze hlavní průběhy sejmuté z osciloskopu, kvůli jejich četnosti. Kompletní seznam naměřených průběhů a hodnot je obsažený v příloze. Na osciloskopu se sledovaly nejpodstatnější parametry při svařování elektrickým obloukem. Tím byly: napájecí napětí, odebíraný proud, výstupní napětí a výstupní proud.

Dohromady byly změřeny čtyři zdroje. Tři invertorové - od firem Cemont, Beno, Omicron a jedna transformátorová - ze společnosti MEZ Brumov n.p. Brumov-Bylnice. Veškeré svařování proběhlo na stejném druhu obalené rutilové elektrody značky ESAB OK 43.32. Při měření transformátorového zdroje byla sonda osciloskopu zapojená pouze na jednu fázi vstupního napětí. U invertorových zdrojů je z průběhu vypuštěno vstupní napájecí napětí, pro lepší přehlednost a orientaci, které bylo po celou dobu měření konstantní se sinusovým průběhem (230V/50Hz).

## 4.1 Postup měření

Měření bylo uskutečněno v technické laboratoři za dohledu vedoucího bakalářské práce.

### 1) Schéma zapojení:



Obr.36. Ukázka zapojení zdroje CEMONT S3200 v praxi.

- 2) **Realizace:** Na měřený zdroj se ke vstupním přívodům a výstupním kabelům svářečky připojily měřicí přístroje. Napájecí a výstupní napětí bylo snímáno přímo na osciloskopu (kanály CH1 a CH3), vstupní a výstupní proud se pak měřil přes klešťový ampérmetr zapojený taktéž v osciloskopu (kanály CH2 a CH4). Paralelním rozhraním GPIB se připojil osciloskop k počítači a byl spuštěn příslušný program. Výstupní svorky se doplnili o rezistor  $R=100\text{k}\Omega$  zapojený paralelně, kvůli vysoké spínací frekvenci invertoru z toho důvodu, aby vstupní signál jdoucí do osciloskopu příliš nešuměl. Po připojení všech měřicích přístrojů se svařovací stroj napojil do zásuvky elektrické sítě.

Měření na každém zdroji bylo provedeno pro následující stavy:

1. **Stav naprázdno (bez zatížení):** Zdroj se po zapojení a stiskem napájecího tlačítka uvedl do chodu. Na výstupních svorkách bylo multimetrem Metex změřeno napětí na prázdno  $U_0$ . Současně se promítali na osciloskopu hodnoty vstupních a výstupních veličin ( $U$ ,  $I$ ), které byly postupně zaznamenávány.
2. **Stav nakrátko (do zkratu):** K realizaci tohoto měření byly výstupní svorky zdroje připojené na kus ocelového plátu. Zdroj se nastavil na nejmenší hodnotu svařovacího proudu. Po zapnutí svářečky byly v krátkém čase sejmuty a zaznamenány hodnoty z obrazovky osciloskopu.
3. **Stav při zatížení:** svorky zdroje byly opatřeny elektrodou a základním materiálem. Hodnoty napětí a proudů se zaznamenávaly v celém rozsahu nastavení zdroje při konstantním hoření elektrického oblouku. Svařování probíhalo v poloze vodorovné shora (tupý svar). Tato část měla hodně bodů, a proto jsou zde vybrány pouze dva hlavní průběhy od každé měřené svářečky. Průběh s nastaveným nejmenším a nejvyšším proudem. Ostatní měřené hodnoty jsou k nalezení v příloze.

## 4.2 Popis měřených svařecích zdrojů

**Invertor CEMONT S 3200:**

Technické data	Hodnoty	Jednotky
Napájecí napětí	230	V
Rozsah svařovacího proudu	5 - 130	A
Napětí na prázdno	82	V
Zatěžovatel 100%	60	A
Zatěžovatel 60%	80	A
Zatěžovatel při max. I	15	%

Tab.11. Štítkové údaje zdroje Cemont.

**Invertor BENO W2000:**

Technické data	Hodnoty	Jednotky
Napájecí napětí	230	V
Rozsah svařovacího proudu	5 – 185	A
Napětí na prázdno	65 V	V
Zatěžovatel 100%	130	A
Zatěžovatel 60%	160	A
Zatěžovatel při max. I	35	%

Tab.12. Štítkové údaje zdroje Beno.

**Invertor OMICRON GAMA 1550:**

Technické data	Hodnoty	Jednotky
Napájecí napětí	230	V
Rozsah svařovacího proudu	10 - 150	A
Napětí na prázdkno	88	V
Zatěžovatel 100%	130	A
Zatěžovatel 60%	150	A
Zatěžovatel při max. I	-----	%

Tab.13. Štítkové údaje zdroje Omicron.

**Transformátor MEZ Brumov n.p. Brumov-Bylnice:**

Technické data	Hodnoty	Jednotky
Napájecí napětí	380	V
Rozsah svařovacího proudu	50-120	A
Napětí na prázdkno	63	V
Zatěžovatel 100%	-	A
Zatěžovatel 75%	60	A
Zatěžovatel při max. I	20	%

Tab.14. Štítkové údaje zdroje MEZ.



Obr.37. Měřené svářecí zdroje.



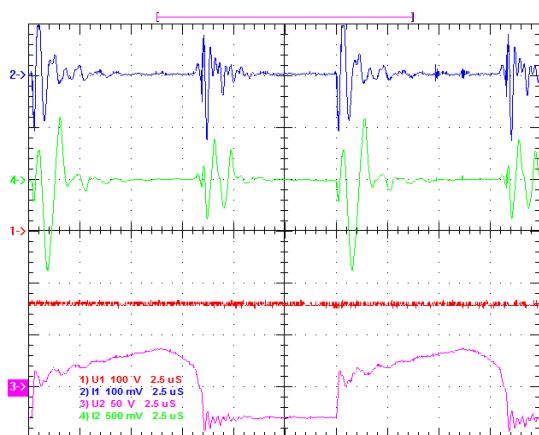
## 4.3 Měření

### Měření naprázdno

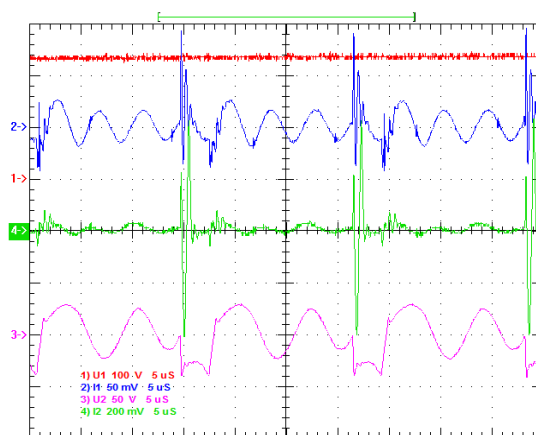
U zdroje CEMONT a BENO byly zachyceny 2,5 $\mu$ S a 5 $\mu$ S průběhy pro grafické znázornění spínacích cyklů zdroje. Zdroj OMICRON a MEZ byli bez zatížení sledováni v čase 5 mS. Výstupní napětí transformátoru mělo jako jediné střídavý charakter a bylo nepatrně fázově posunuto od napájecího. Současně bylo měřeno napětí na výstupních svorkách pomocí multimetru, což odpovídalo hodnotám získaných z osciloskopu. Data z multimetru: CEMONT  $U_2=63,5V$ ; BENO  $U_2=83,5V$ ; OMICRON  $U_2=87,3V$ ; MEZ TRAFO  $U_2=63,1V$ .

Vysvětlivky:

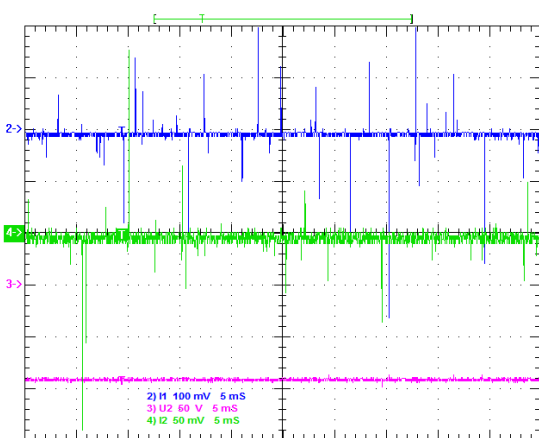
1.  $CH_1$ = napájecí napětí (červená).
2.  $CH_2$ = odebíraný proud (modrá).
3.  $CH_3$ = výstupní napětí (fialová).
4.  $CH_4$ = výstupní proud (zelená).
5. 1mV = 1A nastaveného rozsahu.



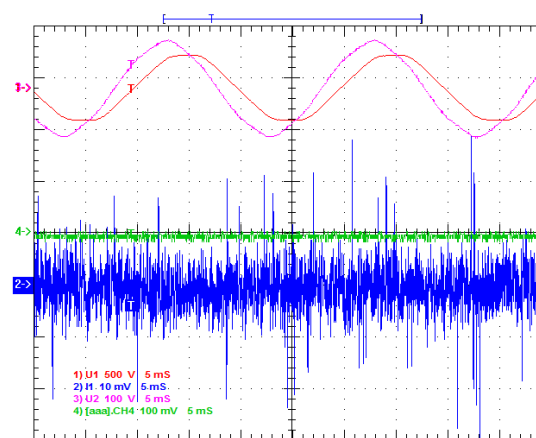
Obr.38. CEMONT- Spínací průběh.



Obr.39. BENO- spínací průběh.



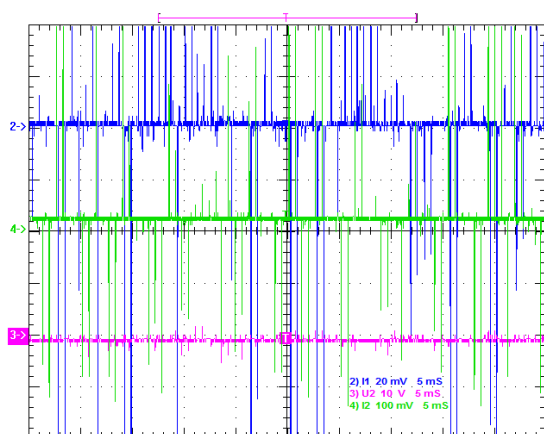
Obr.40. OMICRON- naprázdno.



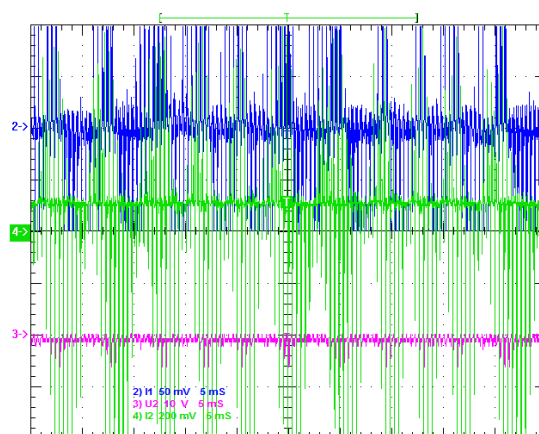
Obr.41. MEZ- naprázdno.

## Měření nakrátko

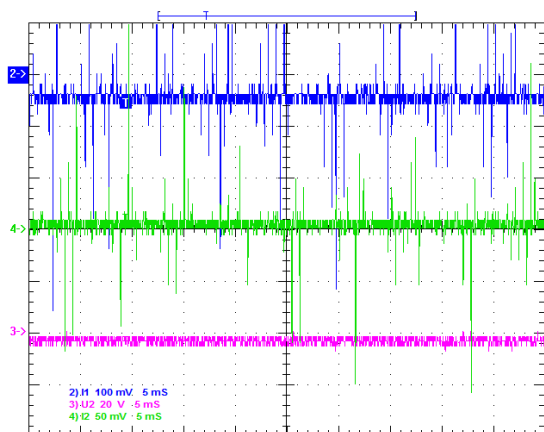
Při tomto měření nakrátko (do zkratu) by teoreticky mělo být napětí naprázdno rovno nule a svařovací proud v maximálních hodnotách. Z průběhů jde poznat, že nikde není výstupní napětí nulové a vždy má aspoň nějakou, byť jen nepatrnou, hodnotu. U zdroje CEMONT a OMICRON byla spuštěna funkce ANTI STICK, která omezila velikost proudu při zkratovém stavu na minimální hodnotu. U svářečky BENO invertor zjišťoval stav zkratu opakovaným zapínáním a vypínáním proudu cca v sekundových intervalech. Maximální proudovou hodnotu můžeme vidět pouze u transformátorového zdroje, který není opatřen žádnou z předcházejících funkcí.



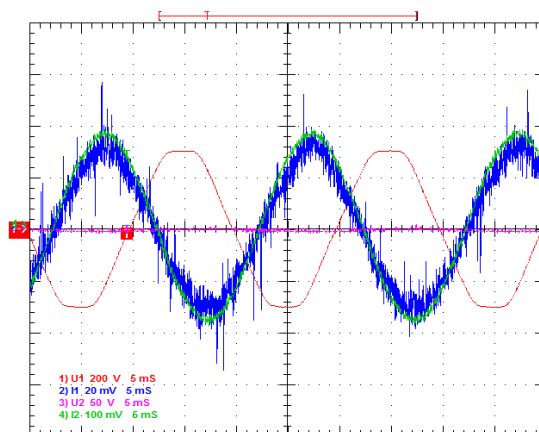
Obr.42. CEMONT- stav nakrátko.



Obr.43. BENO- stav nakrátko.



Obr.44. OMICRON- stav nakrátko.



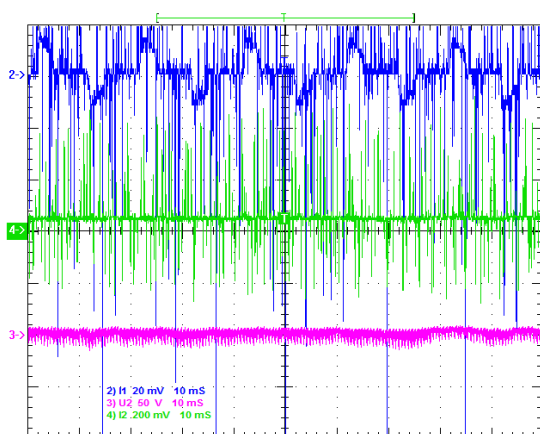
Obr.45. MEZ- stav nakrátko.



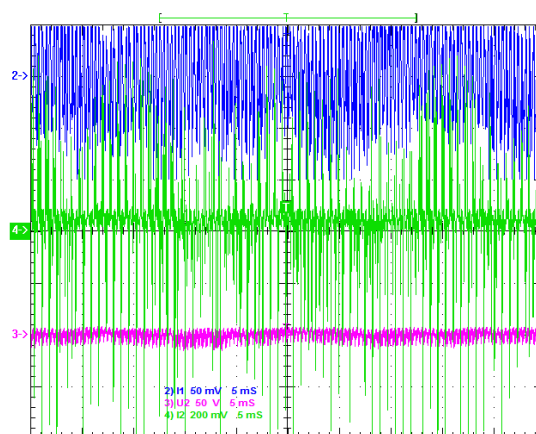
## Měření při zatížení

Tato část se skládala z mnoha měřených bodů, proto zde byly vybrány na ukázkou pouze dva základní průběhy každého zdroje. Jeden pro minimální hodnotu nastaveného svařovacího proudu a druhý pro maximální hodnotu. Kdybychom chtěli odečítat hodnoty proudů a napětí z grafu, nesmíme zapomenout, že se jedná o maximální hodnoty. Štítkové údaje jsou uvedeny v efektivní podobě a dostaneme je vztahem:  $U_{ef} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$  [V] a  $I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$  [A]. Tyto vzorečky jsou platné pouze při aplikaci u sinusového průběhu.

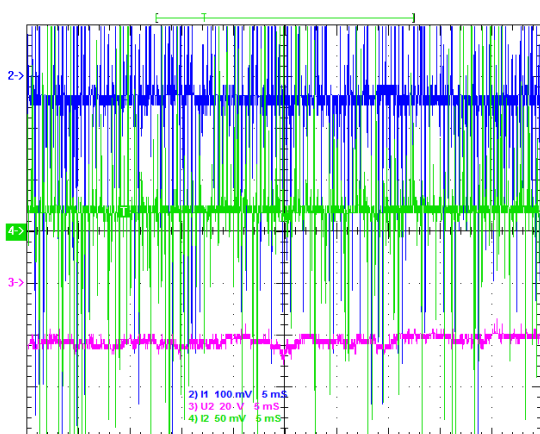
### Minimální hodnota měřeného proudu:



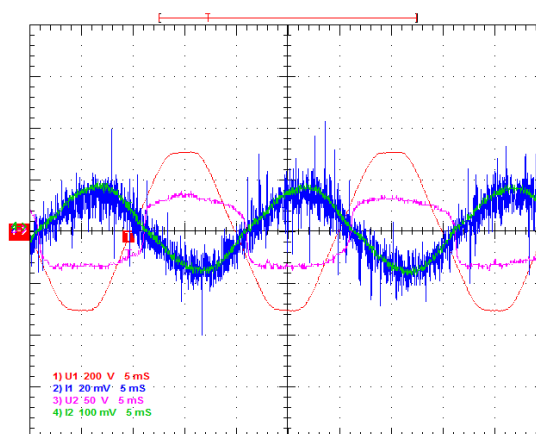
Obr.46. CEMONT- při 20A.



Obr.47. BENO- při 35A.



Obr.48. OMICRON- při 20A.

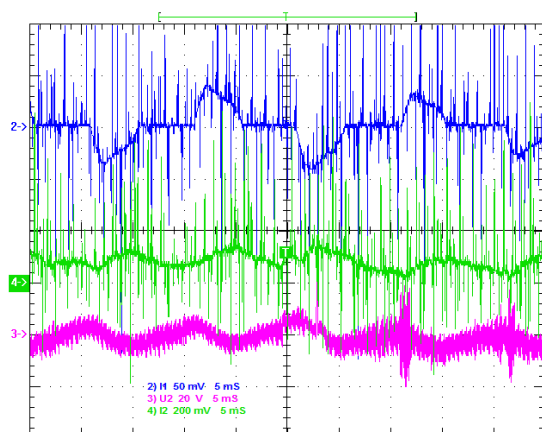


Obr.49. MEZ- při 60A.

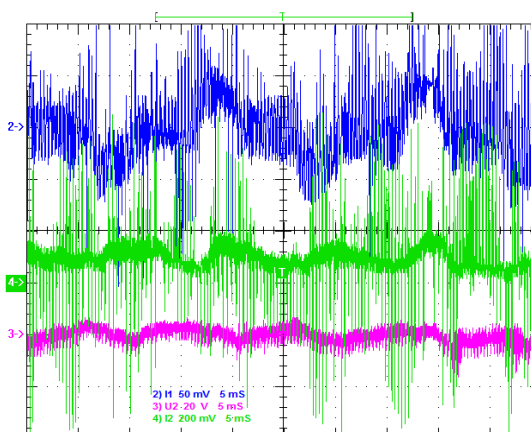
U zdrojů byla nastavena minimální hodnota svařovacího proudu. Svářečka Cemont byla nastavena na 20A, Beno  $I_2=35A$ , Omicron  $I_2=20A$  a transformátor MEZ byl nastaven na 60A. Po zhlédnutí hodnot průběhů a odečtení dat, dojdeme k závěru, že měřené hodnoty oscillovaly kolem hodnot nastavených.

Maximální hodnota měřeného proudu:

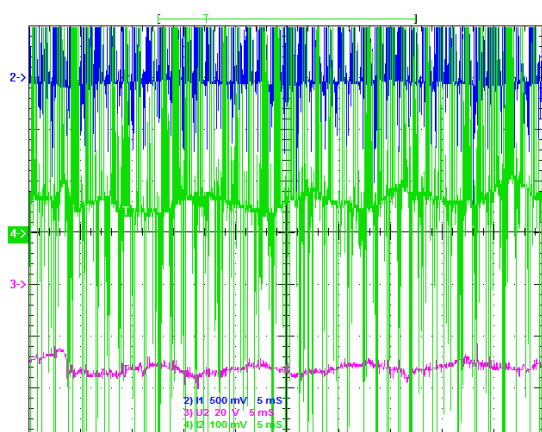
Nepravidelné proudové a napěťové výstupní hodnoty jsou způsobeny faktem, že veličiny nejsou měřeny na čistě odporové zátěži, ale oblouku. Velikost obloukového napětí ovlivňuje kromě intenzity a polarity svařovacího proudu a délky oblouku řada dalších vlivů (kapitola 2.3.1).



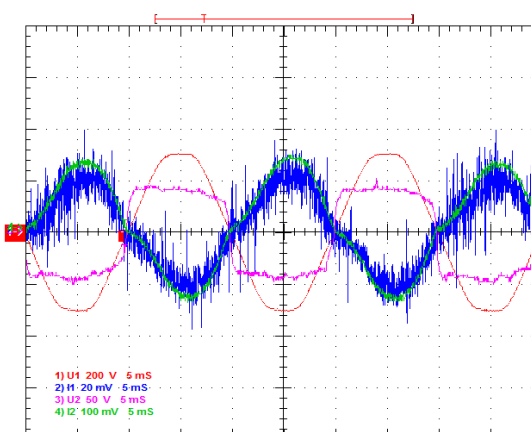
Obr.49. CEMONT- při 125A.



Obr.50. BENO- při 200A.



Obr.51. OMICRON- při 150A.



Obr.52. MEZ- při 120A.

Zdroj Cemont byl nastaven na 125A, proudový rozsah svářečky Beno se rovnal 200A, Omicron měl hodnotu 150A a transformátor Mez 120A. Po zhlédnutí proudových průběhů  $I_2$  zelené barvy zjistíme, že se měřené hodnoty pohybovaly v mezích nastaveného proudu. Přesnou hodnotu proudů bychom pak dostali integrováním všech pulzů a celého průběhu proudu.

### Použité elektrody:

OK 43.32 je silně opláštěná rutilová elektroda pro univerzální použití s výbornými svařovacími vlastnostmi. Je vhodná i pro svařování tenkých plechů. Lze použít s malými typy svařovacích transformátorů.

### Svařovací proud:

AC,DC+/-,AC 50V

### Svářecí polohy:



Obr.53. Fotografie štítku elektrod používaných při svařování.

### Použité přístroje:

- 4 kanalovy osciloskop Tektronix TDS 2024.
- Multimetr Metex M – 4640A.
- 2x Klešťový ampérmetr Escort ECT – 670.
- Notebook Acer Aspire 1362LMi s programem Wavestar for Oscilloscopes.

## 5. Zhodnocení a závěr

Cílem této bakalářské práce bylo objasnění a vysvětlení principu svařovacích zdrojů, jejich funkčnosti a metod svařování elektrickým obloukem. V první kapitole je nastíněna stručná historie vzniku oblouku, v dalších jeho vlastnosti a použití v praxi. Jsou vysvětleny základní svařovací pojmy a funkce, s kterými zdroj pracuje a které usnadňují svařovací proces. Najdeme zde i vhodný způsob výběru elektrody, která má na kvalitu svaru důležitý podíl.

Průzkum trhu byl proveden za účelem zjištění aktuální nabídky svářecích zdrojů, jejich vlastností, konkurenčních výhod a ceny. U zahraničních a tuzemských výrobců byly zjišťovány invertorové zdroje pro ruční svařování obalenou elektrodou. Invertorové zdroje kvůli jejich přední rozšířenosti mezi uživateli, cenové dostupnosti, široké možnosti použití a jednoduchosti ovládání. Výsledkem je zjištění, že zahraniční výrobci nemohou konkurovat ani cenou, ani vyššími hodnotami proudů dovoleného zatížení. Zahraniční výrobci tento nedostatek kompenzují použitím nejnovějších materiálů a plně digitálních ovládacích prvků. Z cenového porovnání zvítězil český výrobce Omicron se zdrojem GAMA 141, který nemá u porovnávaných vlastností na českém trhu žádnou konkurenci. Zdroj je vhodný pro uživatele chtějící za nízkou cenu vysoký výkon. Průzkum trhu ukázal, že čeští výrobci kladou důraz na cenu výrobku a proudovou zatížitelnost, oproti zahraničním, kteří preferují spíše jednoduchost, uživatelskou nenáročnost, pohodlnost při používání a celkovou automatizovanost stroje. Potom už záleží jenom na zákazníkovi, která varianta pro něho bude výhodnější.

V další části je provedeno měření klasického transformátorového zdroje oproti invertorovým. Grafickým porovnáním bylo ukázáno chování svářečky při různých svářecích stavech. K těmto stavům dochází při každém svařování. Byly zobrazeny průběhy napětí a proudů při spínacích cyklech invertorů, jejich deformace při sepnutí a vypnutí. Z tohoto průběhu lze odečíst spínací frekvenci zdroje. Z osciloskopu bylo viditelné, že při stavu naprázdno byla minimální hodnota proudu a maximální napětí. Při stavu nakrátko se zaznamenala minimální hodnota napětí na svorkách invertorových i transformátorových zdrojů. V takovém případě se každý zdroj choval rozdílně - Cemont a Omicron omezili svářecí proud na minimum, zdroj Beno zjišťoval stav pouštěnými impulzy do svářecího obvodu a u transformátorového zdroje, nemající funkci ANTI STICK, proud vzrostl na maximum.

## 6. Seznam použité literatury

- [1] KRUML, V., ŠTEFL, M.: *Transformátory pro obloukové svařování*. SNTL, 3. vyd. 1985.
- [2] MINAŘÍK, M.: *Obloukové svařování*. 2. vyd. 2003. ISBN 80-7183-285-5.
- [3] *Česká svářečská společnost ANB* [online]. 2010 [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.cws-anb.cz/t.py?t=2&i=282>>.
- [4] *Základní pojmy svařování* [online]. 2010 [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.svarecky-eshop.cz/popup/zakladni-pojmy-svarovani-4h.html>>.
- [5] *MIG/MAG svařování* [online]. 2010 [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-91AB08F5-73B534D0/fronius\\_ceska\\_republika/hs.xsl/29\\_3916.htm](http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-91AB08F5-73B534D0/fronius_ceska_republika/hs.xsl/29_3916.htm)>.
- [6] *Pohled do technologie svařování-MMA* [online]. 2010 [cit. 2010-03-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.toolscomp.cz/technologie/pohled-do-technologie-svarovani-mma/>>.
- [7] *Unikající proud a napětí u svařovacího zařízení* [online]. 2010 [cit. 2010-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://elektrika.cz/data/clanky/unikajici-proud-a-napeti-u-svarovaciho-zarizeni>>.
- [8] *Technologie svařování* [online]. 2010 [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <[http://www.svarak.cz/f/svarak/p/PDF%20%C4%8DI%C3%A1nky/PDF\\_%C4%8Cesky/Technologie-svarovani-Kubicek.pdf](http://www.svarak.cz/f/svarak/p/PDF%20%C4%8DI%C3%A1nky/PDF_%C4%8Cesky/Technologie-svarovani-Kubicek.pdf)>.
- [9] *Svářečí inventory* [online]. 2010 [cit. 2010-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2006092101>>.
- [10] *Obloukové svařování* [online]. 2010 [cit. 2010-03-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.selco.it/?q=cs/node/482>>.
- [11] *Vyznejte se ve štítcích na elektrodách* [online]. 2010 [cit. 2010-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2007072801>>.
- [12] *Svařovací technologie* [online]. 2010 [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.falwex.cz/clanky-o-svarovani/47-svarovaci-technologie>>.
- [13] *Obaly obalených elektrod* [online]. 2010 [cit. 2010-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2007080501>>.
- [14] *Kühtreiber s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2010-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.kuhtreiber.cz/ofirme.html>>.

- [15] *O nás - Alfa in* [online]. 2010 [cit. 2010-04-5]. Dostupný z WWW: <<http://www.alfain.eu/cs/1-o-nas-kontakty.html>>.
- [16] *Profil firmy – Omicron* [online]. 2010 [cit. 2010-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.gamasvar.cz/4956/profil-firmy/>>.
- [17] *O společnosti Esab* [online]. 2010 [cit. 2010-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.esab.cz/cz/cz/about/index.cfm>>.
- [18] *Historický vývoj – Migatronic* [online]. 2010 [cit. 2010-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.migatronic.cz/default.aspx?m=2&i=108>>.
- [19] *O nás – historie Fronius* [online]. 2010 [cit. 2010-04-07]. Dostupný z WWW: <[http://www.fronius.cz/cps/rde/xchg/SID-8955466F-4D476D18/fronius\\_ceska\\_republika/hs.xsl/31\\_5503.htm](http://www.fronius.cz/cps/rde/xchg/SID-8955466F-4D476D18/fronius_ceska_republika/hs.xsl/31_5503.htm)>.
- [20] *O nás: Selco Praha* [online]. 2010 [cit. 2010-04-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.selco.cz/o-nas/>>.
- [21] *Svařování – Profes. Svářečky a řezací stroje – Esab* [online]. 2010 [cit. 2010-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.maister.cz/esab-inventory-slca-cz.aspx>>.
- [22] *Akcční ceny, nářadí-24* [online]. 2010 [cit. 2010-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.naradi-24.cz/akcni-zbozi?migatronic=1>>.
- [23] *Svářecí zdroje Fronius* [online]. 2010 [cit. 2010-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.imweld.cz/oddeleni/31-svareci-zdroje-fronius>>.
- [24] *Ceník selco* [online]. 2010 [cit. 2010-04-19]. Dostupný z WWW: <[www.centrum-naradi.cz/files/ceniky/selco.xls](http://www.centrum-naradi.cz/files/ceniky/selco.xls)>
- [25] *OK 43.32* [online]. 2010 [cit. 2010-04-08]. Dostupný z WWW: <<http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=70656>>.

## 7. Přílohy

V příloze jsou uvedeny všechny zbývající průběhy napětí a proudů sejmuté z osciloskopu při měření, které nebyly zobrazeny v textu. Přílohy obsahují i fotografie z pracoviště.